

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky

**Nástroj pro prezentaci a tvorbu
produktových fotografií a virtuálních
prohlídek v produktových katalozích**

**A Tool for Presentation and Creation of
Product Photos and Virtual Tours in
Product Catalogs**

Zadání bakalářské práce

Student: **Matyáš Dedek**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Nástroj pro prezentaci a tvorbu produktových fotografií a virtuálních prohlídek v produktových katalozích**
A Tool for Presentation and Creation of Product Photos and Virtual Tours in Product Catalogs

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem projektu je provést analýzu, návrh a implementaci nástroje pro unifikaci, úpravu a následnou publikaci produktových fotografií včetně technické realizace záznamu pro tvorbu 360 stupňových náhledů obsahu produktových katalogů (exteriérů a interiérů automobilů, bytů, elektroniky atd.). Výsledkem práce bude webová aplikace a popis metodiky pořízení a zpracování video záznamu či fotografie a jeho následná prezentace v prostředí internetu. Cílem je, aby se výstupy daly jednoduše integrovat do ERP informačních systémů.

1. Student se seznámí s možnostmi a technologiemi unifikace a tvorby záznamů (exteriérů a interiérů automobilů, bytů a malých produktů) pro klasické i panoramatické 360-stupňové prohlídky za pomoci různých záznamových a postprodukčních technik.
2. Student se seznámí s metodami publikace produktových fotografií a 360 stupňových panoramat v prostředí internetu s možností přiblížení a detailu ve vysoké kvalitě sloužící k identifikaci vizuálního poškození.
3. Výsledkem bude analýza, návrh a implementace aplikace pro ukládání, hromadnou úpravu a prezentaci fotografií, renderovaných náhledů produktů a panoramatických a sférických záznamů v prostředí internetu.
4. Součástí řešení bude teoretická příručka, která pomůže při volbě vhodné technologie pro daný projekt s ohledem na výkon, jednoduchost nasazení a finanční náročnost.
5. Teoretické poznatky budou ověřeny na modelovém příkladu implementace nástroje pro vizualizaci konfigurace a virtuální prohlídky automobilů. Výsledné řešení bude porovnáno s konkurenčními projekty a způsoby prezentace a ukládání multimediálního obsahu v ERP informačních systémech.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] GORMLEY, Clinton a Zachary TONG. Elasticsearch: the definitive guide. ISBN 1449358543.
- [2] SHKLAR, Leon. a Rich. ROSEN. Web application architecture: principles, protocols and practices. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2009. ISBN 047051860x.
- [3] SHIVAKUMAR, Shailesh Kumar. Architecting high performing, scalable and available enterprise web applications. ISBN 9780128022580.
- [4] WEERAWARANA, Sanjiva. Web services platform architecture: SOAP, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging, and more. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, c2005. ISBN 0131488740.

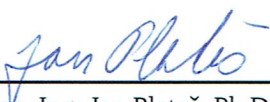
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radoslav Fasuga, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020




doc. Ing. Jan Platoš, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 26. dubna 2020


.....

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 26. dubna 2020


.....

Rád bych na tomto místě poděkoval svému vedoucímu, Ing. Radoslavu Fasugovi, Ph.D., za odbornou pomoc a cenné rady, které mi byly uděleny během konzultací. Dále mé poděkování patří Jiřímu Čechovi, za poskytnutí výpočetní techniky.

Abstrakt

Práce se zabývá zkoumáním a porovnáváním procesů, pomocí kterých lze implementovat prostorové fotografie do systému. Procesy jsou členěny do samostatných kapitol, kde jsou dále rozváděny. Zkoumají se také algoritmy pro zpracování obrazu a samotnou prezentaci prostorových fotek. Výsledkem je webová aplikace umožňující uživateli implementovat a spravovat prostorové fotografie produktů. Mimo webovou aplikaci existuje i návod, který popisuje, jak dané snímky vytvářet.

Klíčová slova: Adobe Photoshop; 3D objekt; panorama; DSLR kamera; fotogrammetrie; Ajax Zoom; WebRotate360;

Abstract

The target of this thesis is to review and compare various techniques that are used in 360° spins and other forms of panoramic photography. These techniques are split into individual sections where they are further analyzed. In addition, to improve the overall quality of the finished product, there is a section describing several image processing algorithms.

The end result of this work is a Web application, which automatically processes images and lets the user implement panoramic photos into their product presentations. Furthermore, the instructions to the steps needed to create a dataset of pictures is described in a standalone guide.

Keywords: Adobe Photoshop; 3D reconstruction; panorama; DSLR camera; photogrammetry; Ajax Zoom; WebRotate360;

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	10
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	13
Seznam výpisů zdrojového kódu	14
1 Úvod	15
2 Možnosti řešení prostorové prezentace	16
2.1 Fotografie	16
2.2 3D skenování [2]	16
2.3 Repozitáře	18
3 Zařízení a fotografování	19
3.1 Podmínky a vnější vlivy pro focení	19
3.2 Digitální SLR [12] [30]	19
3.3 Kompaktní fotoaparáty a mobilní telefony	20
3.4 Manuální nastavení fotoaparátu [36]	20
4 Zpracování série snímků	24
4.1 Grafické programy a nástroje	24
4.2 Gaussovske rozostření	24
4.3 JPEG artefakty	24
4.4 Adobe Photoshop	26
5 Odstranění pozadí	29
5.1 Maskování objektu a algoritmická řešení	29
5.2 Remove.bg	34
5.3 Adobe Photoshop	34
5.4 Alternativy	34
6 Metody manipulace s rekonstruovaným objektem	36
6.1 Pasivní přístup	36
6.2 Aktivní přístup	36
6.3 Důležité parametry pro zaručení kvality	37

7	Metody pořizování série snímků	38
7.1	Otočný stůl	38
7.2	Kružnice	38
7.3	3D objekt	38
7.4	Panoramatické (sférické) fotky	39
8	3D a 360° projekce	46
8.1	Vícesnímková fotogrammetrie pro 3D rekonstrukci	46
8.2	360° projekce	52
9	Závěr	58
	Literatura	59
	Přílohy	62

Seznam použitých zkratek a symbolů

E-commerce	– aktivita, při které se nákup a prodej produktů odehrává přes Internet
DSLR	– Digital Single Lens Reflex Camera
PS	– Adobe Photoshop
NMS	– Non-maximum Suppresion algoritmus
DLP	– Digital Light Processing

Seznam obrázků

1	Skenování pomocí laseru [4]	16
2	Skenování pomocí deformace světla [3]	17
3	Modelování vnějšku pyramid pomocí fotogrammetrie [24]	17
4	Nabídka repozitáře 3Doid [1]	18
5	Popis DSLR	19
6	Hloubka ostrosti při různých clonách	21
7	Pohybová neostrost při různých rychlostech závěrky	22
8	Rozdíl v šumu mezi ISO 400 (vlevo) a ISO 25600 (vpravo)	23
9	Rozdíly ve výskytu artefaktů dle kvality komprese	25
10	Rozdíly ve výskytu artefaktů před a po úpravách	26
11	Rozdíl mezi neupravenou (vlevo) a retušovanou (vpravo) fotkou	27
12	Rozdíl mezi neupravenou (vlevo) a retušovanou (vpravo) fotkou	28
13	Výsledek po aplikaci algoritmu pro odhad odstínu pozadí	30
14	Detekce hran pomocí NMS algoritmu	31
15	OpenCV Canny algoritmus s různými prahovými hodnotami	31
16	Příklad GrabCut algoritmu se zadanou oblastí (zeleně), pomocí služby Clipping Magic [8]	32
17	Maska objektu vytvořená pomocí sémantické segmentace	33
18	Rozdíly po aplikaci gaussovského rozostření na pozadí	35
19	Rozdíly rekonstrukcí dle osvětlení	39
20	Snímek interiéru auta pomocí širokoúhlé (rybí oko) kamery	40
21	Equirectangular projekce na rovinu [13]	40
22	Sférická projekce na rovinu [15]	41
23	Uživatelské rozhraní panoramatické kamery v systému Android	42
24	Snímek pořízený panoramatickou kamerou v systému Android	42
25	Uživatelské rozhraní ve stitching softwaru PTGUI [25]	43
26	Výsledné panorama vytvořeného ve stitching softwaru PTGUI [25]	44
27	Volby panoramat v editoru Adobe Photoshop [5]	45
28	Příklad generování panorama v editoru Adobe Photoshop [5]	45
29	Špatně zrekonstruovaný objekt pomocí fotogrammetrie	46
30	WorkFlow proces programu Meshroom	47
31	Příklad extrakce vlastností z katedrály Notre Dame v Paříži.[22]	48
32	Naplnění stromové struktury vlastnostmi snímků.[31]	49
33	Spojení vlastností snímků z rozdílných úhlů [23]	49
34	Výstup SfM v programu Meshroom	50
35	Příklad hloubkové mapy [11]	51
36	Příklad mesh struktury z polygonů. [18]	51
37	Výstup Objektu s texturami v programu Meshroom	52

38	Příklad série snímků, ze kterých lze vytvořit prostorovou projekci objektu.	53
39	Uživatelské rozhraní programu SpotEditor [33].	56
40	Uživatelské rozhraní pluginu AjaxZoom [6] s výřezy.	57
41	Přidání snímků v pluginu AjaxZoom [6].	57

Seznam tabulek

1	Velikost snímků po úpravách	24
2	Porovnání cen služeb pro odstranění pozadí snímků	34
3	Výpočetní doba podle použitého hardwaru	47
4	Porovnání balíčku WebRotate360 [32]	55
5	Porovnání balíčku WebRotate360 [32]	57

Seznam výpisů zdrojového kódu

1	Estimace barvy pozadí v jazyce Java Script	29
2	Maska objektu pomocí sémantické segmentace	32
3	Triviální algoritmus pro 360° prezentaci.	53
4	Implementace triviálního algoritmu pro 360° prezentaci.	54

1 Úvod

Tato práce se zaměřuje na zkoumání a popis implementace prostorových prezentací produktů na Internetu. Pojednává o známých komerčních použitích a způsobů, jak jich docílit.

V první kapitole si popíšeme jaké technologie lze k řešení problému použít. Jednotlivé typy zařízení mají své výhody a nevýhody a ne vždy je jedna z nich nejlepším řešením. Následně jsou zde vylíčeny základní informace o typech fotoaparátů a jejich funkcích.

Druhá kapitola obsahuje existující možnosti pro úpravu snímků. Najdeme zde programy a jejich nástroje, které lze využít pro získání co možná nejlepších finálních výsledků. V samostatné kapitole se pak zaměříme na nejpoužívanější algoritmy a způsoby, jak docílit snímků s transparentním pozadím. Najdeme zde zpoplatněná i nezpoplatněná řešení a jejich zhodnocení dle dosažených výsledků.

Čtvrtá a pátá kapitola zasahuje do samotného focení pro prostorovou prezentaci. Můžeme v ní najít způsoby, které se v běžném světě e-commerce používají. Porovnávají se zde možnosti, jak se snímaným objektem zacházet a jak jej připravit na samotné focení. Tyto metody jsou zde porovnávány a zkoumá se, která z nich je nejvhodnější.

V šesté a zároveň poslední kapitole se můžeme dovědět, jaké technologie a možnosti máme pro samotnou prezentaci prostorových fotografií na Webu. Najdeme zde porovnání nejpoužívanějších a nejdostupnějších metod, které se nyní v komerčním sektoru používají. Obsahem této kapitoly je i členění a popis typů prostorových fotografií.

2 Možnosti řešení prostorové prezentace

2.1 Fotografie

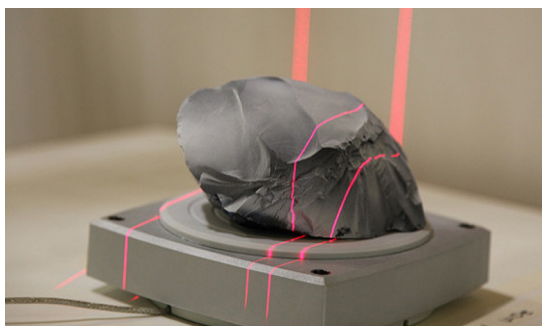
Pomocí fotografií lze jednoduše vytvořit prostorový efekt, který nemusí reálně být digitálním 3D objektem. Hlavní kvalitou této metody je kvalita prezentace a dostupnost. Nevýhodou je limitace možností při prezentaci. Jelikož se nejedná o 3D objekt s patřičným formátem a daty, nelze objekt použít pro video editaci a jiné formy prezentace.

2.2 3D skenování [2]

Jde o metody zachycení povrchu reálného objektu, které vyžadují použití tzv. 3D skeneru. Skener má mnoho společného s klasickým fotoaparátem. Kupříkladu má také limitaci zorného pole a nedokáže snímat objekt, pokud je před ním jakákoliv překážka. Na rozdíl od kamery, která dokáže zachytit i barvu, běžně dostupné skenery snímají pouze vzdálenosti od objektu. Pomocí údajů o vzdálenosti lze pak vytvořit celou rekonstrukci objektu. Skenery nabízejí možnost skenovat neživé věci, prostory, lidi a části člověka. Díky tomuto faktu skener našel využití i ve virtuální realitě nebo medicíně. Existují také velice drahé skenery, které dokáží zachytit i texturu objektu.

2.2.1 Skenování laserem

Principem skenování laserem je vyzařování laserového paprsku, který se odráží od povrchu objektu do snímače. Dle deformace paprsku lze pak vypočítat povrch a vzdálenost snímané plochy od snímače. Pokud získáme dostatečné množství těchto vzdáleností, můžeme vytvořit celkovou rekonstrukci objektu. Hlavním znevýhodňujícím faktorem laserů jsou lesklé a průhledné povrchy, které nelze zachytit s dostatečnou přesností. Výhodou je cenová dostupnost a přesnost. Na obrázku níže lze vidět použití laseru pro rekonstrukci předmětu. Pro správné zachycení lesklých ploch se využívá vrstva matné barvy, která problémům s rekonstrukcí částečně zabrání.



Obrázek 1: Skenování pomocí laseru [4]

2.2.2 Skenování deformací světla

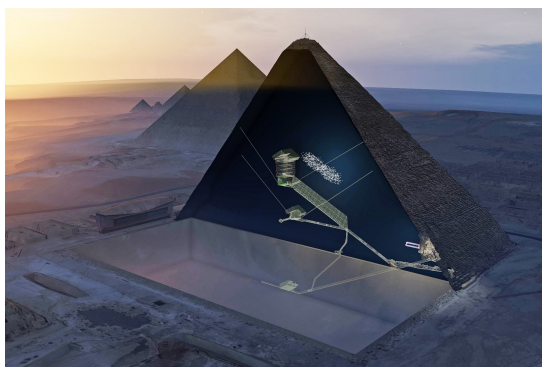
Na rozdíl od paprsku laseru se zde využívá paprsků světla. Na objekt v jeden moment vyzařuje řada lineárních paprsků, jejichž deformací okolo hran povrchu můžeme získat snímání objekt. Světlo bývá bílé, nebo modré barvy a jeho generace je řešená pomocí projektorů, neboli tzv. DLP technologie. Paprsky mohou být rovnoběžné, nebo také v matici, kde se paprsky navzájem kříží. Nevýhodou je cena, která je vyšší než u laserových skenerů. Výhodou je pak rychlost a rozlišení rekonstrukce. Další výhodou je možnost skenovat lidi. Tento typ skeneru se využívá například ve stomatologii, kde našel své uplatnění ve výrobě implantátů. Obrázek 2 zobrazuje využití paprsků světla pro rekonstrukci předmětu.



Obrázek 2: Skenování pomocí deformace světla [3]

2.2.3 Skenování snímky - fotogrammetrie

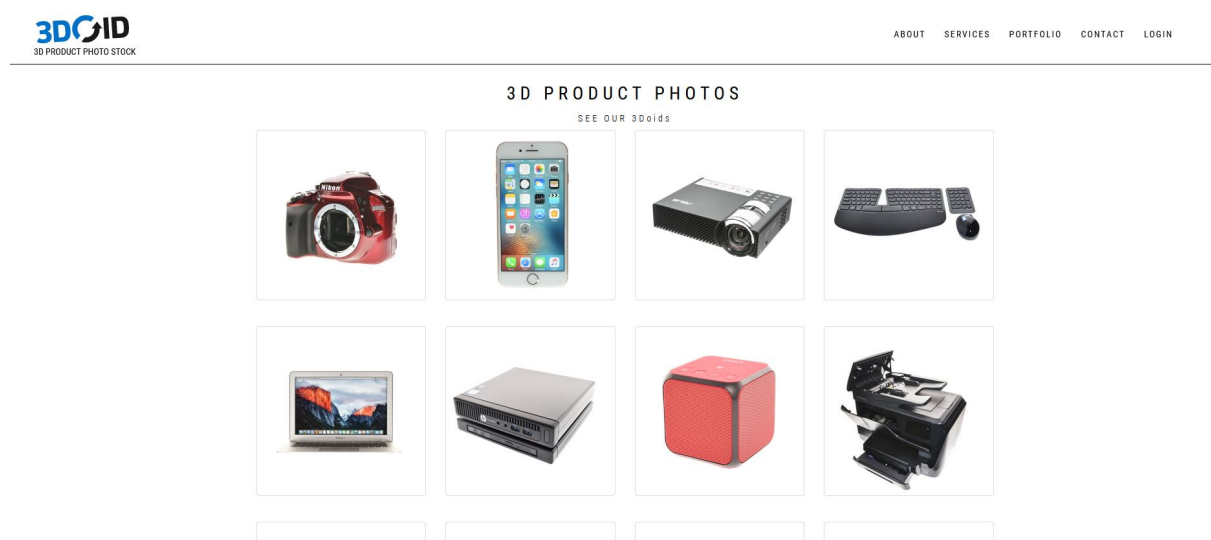
Místo skeneru se zde používá klasická kamera, pomocí které dokážeme zachytit i reálnou texturu snímaného objektu. Pro rekonstrukci opravdu velkých předmětů lze využít drony s kamerou, nebo jeřáby, pro zachycení všech bodů objektu. Fotogrammetrie je oblíbená v archeologii pro rekonstrukci monumentů (viz obr. 3), jako jsou pyramidy a chrámy. Tato metoda, spolu s dalšími snímkovými metodami je nejdostupnější a nejjednodušší na implementaci. Nevýžaduje žádné nákladné technologie a zařízení pro snímání, jako je tomu u skenerů. Více v samostatné kapitole o fotogrammetrii 8.1.



Obrázek 3: Modelování vnějšku pyramid pomocí fotogrammetrie [24]

2.3 Repozitáře

Jde o službu poskytující tzv. stock modely. Jedna z nejznámějších je 3Doid [1]. Tyto repozitáře již obsahují předem vytvořené 3D modely, které stačí implementovat do vlastního řešení. Této možnosti využívá řada velkých prodejců elektroniky, inzerujících známé produkty. Hlavním důvodem je partnerství řady velkých firem právě s repozitářem 3Doid [1]. Na základě toho 3D modely mohou být vytvořeny dříve, než se produkt dostane na trh. Toto řešení je vhodné hlavně pro prodejce elektroniky, jelikož tyto produkty mají v modelech většinové zastoupení. Ukázka nabídky repozitáře 3Doid [1] je vyobrazena na snímku 4.



Obrázek 4: Nabídka repozitáře 3Doid [1]

3 Zařízení a fotografování

3.1 Podmínky a vnější vlivy pro focení

Existuje řada parametrů, které je vhodné před focením zohlednit. Špatně zvolená scéna může zkazit i dokonale nastavenou expozici.

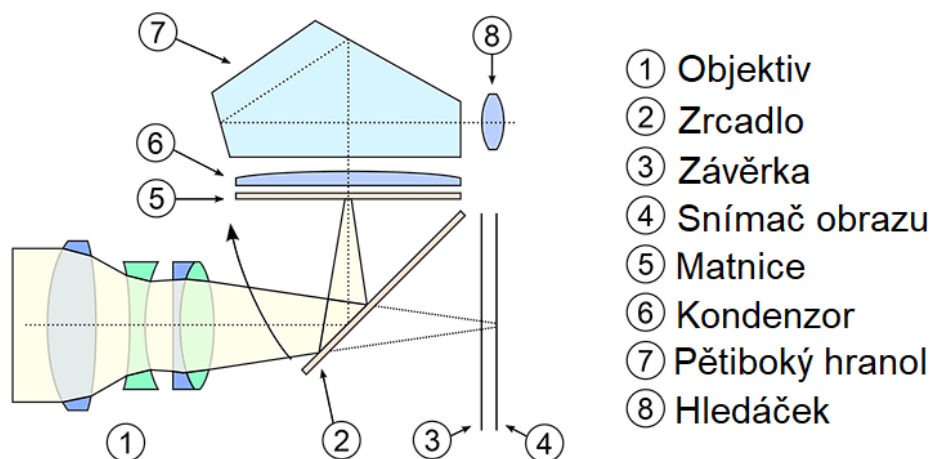
Jako hlavní parametr, který je třeba vzít v potaz, je světlo. Chystáme-li se fotit venku, je vhodné vybrat čas, kdy je slunce pod mrakem nebo bezprostředně před západem. Není vhodné fotit při prudkém slunci okolo poledne, jelikož by odlesky byly příliš agresivní. Ideální podmínky obecně bývají kolem třetí hodiny odpolední nebo pokud je slunce pod mrakem. Odlesky jsou minimální a barvy ostřejší.

Dalším parametrem jsou odlišné stíny měnící se polohou se sluncem. Odlišné stíny jsou zásadní problém, kterému je nutné se vyvarovat. Neexistuje způsob, který by dokázal stíny eliminovat, pokud nefotíme ve studiu s umělým světlem. Částečně je ovšem možné pohyb stínů omezit rychlým vytvářením snímků. Je proto nutné mít scénu vhodně připravenou pro focení a fotografie vytvářet v rychlém sledu.

3.2 Digitální SLR [12] [30]

Digitální SLR (dále DSLR) neboli jednooká digitální zrcadlovka, je zařízení, které k zobrazení scény využívá zrcadlo, nebo řadu zrcadel, od kterých se odráží světlo do hledáčku.

DSLR přináší řadu výhod a nevýhod. Její použití proto záleží výhradně na situaci. Nevýhodou je skutečnost, že objektivy jsou nákladné a jejich správné použití není jednoduché. Výběr objektivu záleží převážně na prostředí, které se zrovna chystáme fotit. Výhodou je ovšem všestrannost použití a výsledná kvalita fotografií. Pokud tedy vyhledáváme snímky nejvyšší kvality, s velkým počtem pixelů (což je náš případ), tak je DSLR nejlepší možností.



Obrázek 5: Popis DSLR

3.3 Kompaktní fotoaparáty a mobilní telefony

Dnes je mobilní telefon s fotoaparátem dostupnější, než v dřívější době. Z tohoto důvodu je právě toto zařízení ideální volbou pro uživatele hledající převážně nízkonákladová řešení. Kompaktní a mobilní fotoaparáty nabízejí skvělou kvalitu fotek za zlomek ceny profesionálních DSLR fotoaparátů. Pokud jsou náklady hlavním faktorem výběru a hledáme zařízení, které nemusí nutně disponovat profesionální kvalitou, je mobilní fotoaparát dostatečným řešením. V nedávné době se na trhu objevily stativy pro mobilní telefony, které těmto zařízením přidávají další přednost. Nevýhodou je pouze jejich ne všestrannost a mnohokrát nízké rozlišení fotografií. Tento faktor zabraňuje použití tohoto zařízení pro fotogrammetrii. O té více v samostatné kapitole 8.1.

3.4 Manuální nastavení fotoaparátu [36]

Téměř všechny fotoaparáty nabízejí řadu možností, jak můžeme ovlivnit kvalitu výsledné fotky a reagovat na jakékoliv vnější okolnosti. Většina fotoaparátů, ať už se jedná o kompaktní, mobilní nebo DSLR, mají v dnešní době možnost automatického ostření a nastavení poměru clony a závěrky. Automatické ostření v našem případě není vždy vhodné. Počítač fotoaparátu nedokáže vždy správně vyhodnotit světelné podmínky a mohlo by dojít k poškození plynulého sledu fotografií ve výsledné prezentaci. Namísto automatického režimu je tedy vhodné nastavit expozici manuálně.

Expozicí je myšlen proces, kdy se film ve fotoaparátu vystaví světlu. Můžeme určit na jakou dobu a kolik světla bude propuštěno. V dnešní době to již není zapotřebí a s novými technologiemi zůstalo pouze názvosloví. Expozicí se tedy dnes nazývá proces nastavení fotoaparátu dle aktuálních potřeb a světelných podmínek. Správné nastavení fotoaparátu je kritické pro vytvoření kvalitní fotografie a je nutné využít tzv. „expozičního trojúhelníku“. „Expoziční trojúhelník“ závisí na třech faktorech - času, cloně a citlivosti ISO. Vyvážení šířky clony, rychlosti závěrky a ISO je zásadní aspekt fotografování. Tyto faktory lze nastavit odděleně, v manuálním režimu, nebo ve vzájemné závislosti v režimech clona, nebo závěrka.

3.4.1 Clona

Clona uvádí velikost otvoru uvnitř objektivu, skrz kterou proniká světlo. Funguje na principu lidského oka, kde se v horších světelných podmínkách rozšíří zornice. Šířkou clony můžeme ovlivnit, kolik pronikne světla a jaká bude hloubka ostrosti.

Užší clona zajistí menší světelnost, ale větší hloubku ostrosti. Širší clona naopak vytvoří větší světelnost, na úkor rozmazaného pozadí. Clonové číslo lze vyjádřit vzorcem:

$$N = f / D$$

kde f je ohnisková vzdálenost optické soustavy a D je šířka vstupní čočky objektivu. N je pak výsledné clonové číslo, které se typicky označuje f / N . Pro vysvětlení pojmu hloubka ostrosti, následují snímky 6, které zachycují stejné místo pouze s jinými hodnotami clony.



(a) f2.8



(b) f5.0



(c) f10.0



(d) f14.0

Obrázek 6: Hloubka ostrosti při různých clonách

3.4.2 Rychlost závěrky

Rychlost závěrky nám udává jakou rychlostí se natočí zrcadlo a propustí paprsek skrz závěrku (tj. vytvoří snímek). Tato rychlost ovlivní výslednou délku expozice a pohybovou neostrost.

Rychlost závěrky se uvádí v sekundách. Závěrku lze ovládat manuálně, nebo lze využít automatického nastavení, které se pohybuje typicky od 1/2000s, až po 30s. Některé fotoaparáty nabízejí také manuální uzavření závěrky. Rychlejší závěrka propustí méně světla a umožní nám vyfotit rychle se pohybující objekt bez jakéhokoliv rozmazání. Pomalejší závěrkou naopak propustíme více světla a můžeme tak vytvořit efekt rozmazané oblohy nebo toku řeky. Z důvodu možnosti rozostření okolí se pro pomalejší závěrky doporučuje použití stativu. Následující snímky 7 zachycují pohybující se objekt a znázorňují pohybové rozmazání v závislosti na rychlosti závěrky.



(a) 1/80 sekundy



(b) 1/200 sekundy



(c) 1/640 sekundy



(d) 1/1250 sekundy

Obrázek 7: Pohybová neostrost při různých rychlostech závěrky

3.4.3 Citlivost filmu

ISO označuje organizaci, která vytváří a spravuje technologické standardy. Tato technologie se takto začala označovat v roce 1974, kdy se pod ní sloučily tehdejší standardy DIN a ASA. V té době se ISO používalo k označení citlivosti filmu. Ve stejném slova smyslu se nyní používá i v digitálních kamerách, kdy pomocí ISO máme možnost ovlivnit přesnost, jakou se signál z čipu vyhodnotí.

Pokud v praxi zdvojnásobíme citlivost, zkrátíme rychlost závěrky na polovinu a zvýšíme clonu o jedno clonové číslo. Z tohoto důvodu je ISO třetí strana expozičního trojúhelníku. Měli bychom se vyvarovat bezúčelnému zvyšování ISO a nasvětlování raději řešit pomocí delší závěrky. ISO můžeme chápat jako zesilovač. Dokážeme zesílit světlo i v nepříznivých světelných podmínkách. Se zesílením světla se zesiluje i šum fotky a celková snaha může být kontraproduktivní.



Obrázek 8: Rozdíl v šumu mezi ISO 400 (vlevo) a ISO 25600 (vpravo)

4 Zpracování série snímků

4.1 Grafické programy a nástroje

Před samotnou prezentací je vhodné fotografie retušovat a případně upravit jejich velikost. Více než polovina uživatelů opouští stránku, pokud nedojde k jejímu načtení do dvou sekund po požadavku na otevření. Pro webovou prezentaci je proto rychlost načítání hlavním faktorem. Vyplatí se se snímky nakládat tak, abychom zachovali rovnováhu mezi kvalitou a velikostí.

Jednou z možností, jak snížit paměťové nároky obrázku může být například změna formátu nebo úprava rozlišení. V tabulce 1 je znázorněna změna velikosti po různých úpravách jednoho snímku.

Tabulka 1: Velikost snímků po úpravách

Změna	Rozlišení	Formát	Velikost
Žádná	4928x3264	PNG	14 356kB
Formát	4928x3264	JPEG	4 347kB
Rozlišení	1024x678	PNG	1 198kB
Rozlišení + Formát	1024x678	JPEG	521kB

Jak je z tabulky 1 výše patrné, samotná změna formátu je již velikostně markantním rozdílem oproti velikosti originálu. Pokud bychom měli například 24 snímků produktu o velikosti 14MB, celková velikost by byla 336MB, a to rozhodně není nejvhodnější. Pro webové stránky jsou proto obrázky ve formátu JPEG ideální. Většina grafických editorů má právě z těchto důvodů možnost uložit obrázky ve formátu tzv. pro Web. Tyto formáty jsou velikostně redukovány kompresí, aby se zaručila odpovídající rychlost načítání obrázku.

4.2 Gaussové rozostření

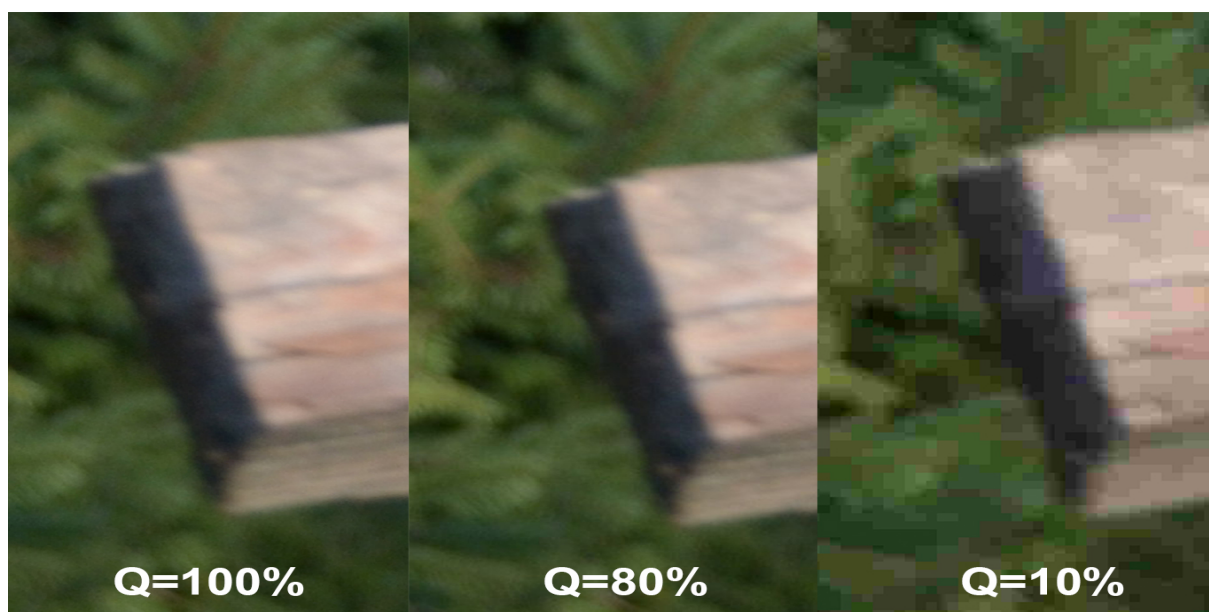
Gaussové rozostření je velice efektivní a oblíbená metoda pro redukci šumu ve fotografiích. Je využíván pro jeho vlastnost, kde oproti jiným rozostřením hrany pouze změkčí a nezanechá žádné stopy po úpravě. Kernel procesoru, zpracovávající snímek je tvořen maticí, kde zvolený rádius rozostření odpovídá šířce matice. Matice pak má nejvyšší hodnotu v prostřední buňce (zájmový bod) a směrem k rohu se hodnoty postupně snižují.

Algoritmus funguje na principu váženého průměru. Matice kernelu postupně prochází obrázek a mění hodnoty pixelů na vážený průměr hodnot jeho okolních pixelů. Větší rádius tedy znamená větší rozostření a naopak.

4.3 JPEG artefakty

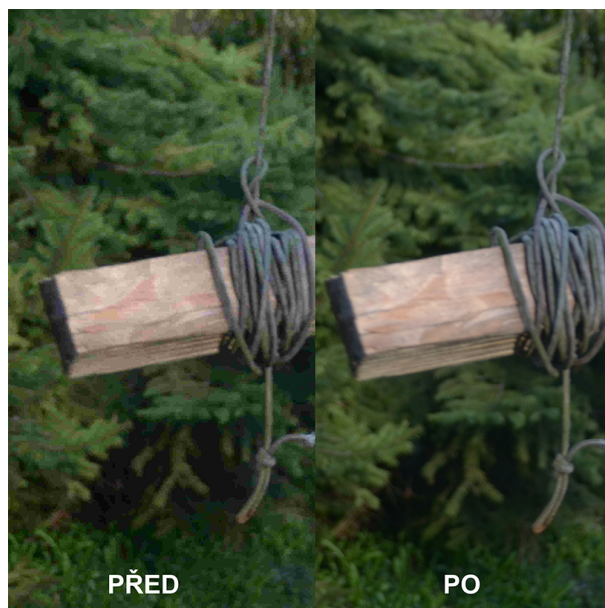
Artefaktem se myslí jakýsi pozůstatek z minulých změn snímků. Formát JPEG je určen pro maximální redukci velikosti obrázku bez ohledu na kvalitu. Tento fakt přináší problémy, jako jsou artefakty. JPEG využívá ztrátové komprese, což má za následek rozostření hran a pixelizaci z důvodu ztráty dat. Čím

vyšší poměr komprese použijeme, tím nastane větší ztráta dat. Jedna z možností, jak snížit výskyt artefaktů je volba nižší komprese (vyšší kvality). Na snímku níže je vyobrazen rozdíl v pixelizacích stejného obrázku po aplikaci rozdílných hodnot komprese. Na prvním obrázku, kde je hodnota Q maximální, pixelizace není zdaleka tak zřejmá. Naopak na třetím snímku, kde je komprese nejvyšší a kvalita Q má hodnotu 10%, jsou viditelné jednotlivé pixely.



Obrázek 9: Rozdíly ve výskytu artefaktů dle kvality komprese.

Další z možností je pak úprava snímků pomocí nástrojů na odstranění artefaktů. Většina volně dostupných grafických programů nabízí možnost redukce šumu a opravení barev. Následující obrázky byly upraveny v programu Adobe Photoshop (více zde 4.4). Na obrázku 10 níže je zachycen pokus o opravu artefaktů způsobených kompresí $Q = 10\%$. Taková komprese je velice agresivní a zřídka kdy je nutná. Můžeme vidět, že obrázek před retuší měl řadu míst rozpixelovaných a s bloky chybějící barvy. Pomocí nástroje redukce šumu a Gaussovského rozostření jsme ovšem schopni snímek těchto vad v určité míře zbavit. Rozdíly po aplikaci těchto nástrojů můžete vidět na obrázku 10. Hlavním rozdílem je eliminace míst, kde došlo ke ztrátě pixelů (tmavé místo pod dřevem).



Obrázek 10: Rozdíly ve výskytu artefaktů před a po úpravách.

4.4 Adobe Photoshop

Adobe Photoshop [5], dále PS, je jeden z nejoblíbenějších grafických editorů. PS nabízí nespočet nástrojů a možností automatizace, které z něj dělají profesionální mnohoúčelové prostředí. Existuje řada neplacených alternativ, kterými lze dosáhnout podobných výsledků, jako při použití PS. Mezi ně můžeme zařadit například Paint.net, GIMP aj. Vzhledem k tomu, že PS nabízí řadu exkluzivních funkcí a je z nich nejpoblíbenější, se zaměříme na práci hlavně s ním.

4.4.1 Automatizace

Počítáme s faktem, že budeme pracovat se sadou pohybující se v řádu desítek, až stovek fotek. Je tedy nutné zvážit, jaký poměr mezi kvalitou a časovou náročností je pro toto řešení ideální. Ve většině případů je automatizace nejvýhodnější řešení, jelikož kvalita je takřka stejná, jako při manuálním postupu a ušetříme mnoho času stráveného editací.

Síla automatizace v PS je mimo jiné v možnosti vytvářet tzv. droplety. Droplet je generovaný samostatně spustitelný soubor, který nám dovolí na libovolném počtu obrázků provést předem definovanou sérii úkonů. Můžeme tedy upravit řadu fotek bez nutnosti zdlouhavě spouštět celý program.

4.4.2 Retušování snímků

Retušování snímků je bezesporu nezbytnou částí prezentace fotografií. Hrubé fotky, stažené přímo z paměti fotoaparátu, mívají neodpovídající teploty barev nebo špatně srovnané body zájmu s okolním terénem. Tyto nežádoucí jevy je nutné opravit v postprodukcí.

Existuje mnoho způsobů, jak docílit stejných výsledků. Pokud hledáme způsob, který vyžaduje nejméně času a zkušeností s editací, tak PS nabízí řadu filtrů, kterých můžeme využít. Existuje tak možnost, jak automaticky fotky udělat živější, odstranit červené oči nebo rozostřit pozadí.

V následujícím obrázku můžeme vidět, jak fotka vypadá po aplikaci nástrojů automatické úpravy barvy, kontrastu a tónu barev. Jak je patrné z obrázku 11 níže, automatické nástroje fungují na dostatečné úrovni pro prezentaci a není tedy nutností barevnost snímku upravovat ručně.



Obrázek 11: Rozdíl mezi neupravenou (vlevo) a retušovanou (vpravo) fotkou.

Znalost editace barev je také důležitá. Ne každá situace dovolí použití automatického řešení. V některých případech je tedy ruční zásáhnutí výhodnější, než její automatická alternativa. Na obrázku můžeme vidět, že po úpravě fotka ztratila originální barvu a pozadí je příliš kontrastní. Těmto jevům bychom se při manuální editaci jednoduše vyhnuli.



Obrázek 12: Rozdíl mezi neupravenou (vlevo) a retušovanou (vpravo) fotkou.

5 Odstranění pozadí

Při prezentaci prostorových fotografií může pozadí objektu rušit celkový dojem. Odstranění pozadí je proto v určitých případech důležitější než dobrá editace. Existuje mnoho způsobů a firem, které tyto služby nabízí. V tomto případě je však kvalita výsledku odpovídající nákladům.

5.1 Maskování objektu a algoritmická řešení

Odstranění pozadí je velice složitý problém, který je zkoumán již několik let. Můžeme použít dva přístupy, kterými bychom tento problém mohli řešit. Jedno řešení obsahuje maskování objektu. Druhé řešení, triviální, je procházet obrázek bod po bodu a postupně měnit hodnoty pixelů. Obě tato řešení nejsou dokonalá a nedokážeme vždy objekt oříznout podle našich představ.

5.1.1 Procházení pixely a odhad pozadí

Triviální řešení pro odstranění pozadí z obrázku. Princip je založen na odhadu barvy pozadí z jednoho pixelu. Kritériem je stejnobarevné, nebo gradientní pozadí s malým rozdílem odstínů.

V následujícím výpisu 1 je ukázáno, jak by jednoduché řešení takového skriptu mohlo vypadat.

```
//data pro originalni obrazek, spolu s transparentni barvou
var imgd = ctx.getImageData(1, 1, 700, 700),
    pix = imgd.data,
    newColor = {r:255,g:255,b:255, a:0};
//data pro pixel na souradnici (1,1)
var fistImgData = ctx.getImageData(1,1,1,1);
var firstpixel = fistImgData.data;
var firstr=firstpixel[0],
    firstg=firstpixel[1],
    firstb=firstpixel[2];

var isNextBlack=0;
//cyklus, ve kterem se prochazi vsechny pixely obrazku
for (var i = 0, n = imgd.width*imgd.height*4 ; i <n; i += 4) {
    //data aktualniho pixelu
    var r = pix[i],
        g = pix[i+1],
        b = pix[i+2],
        a = pix[i+3];
    //transparentnost pixelu, pokud je jeho odstín v 10% mezich od pozadi
    if((r/firstr >= 0.9) && (r/firstr <= 1.1)){
        if((g/firstg >= 0.9) && (g/firstg <= 1.1)){
```

```

    if((b/firstb >= 0.9) && (b/firstb <= 1.1)){
        pix[i] = newColor.r;
        pix[i+1] = newColor.g;
        pix[i+2] = newColor.b;
        pix[i+3] = newColor.a;
    }
}
}
}
}

```

Výpis 1: Estimace barvy pozadí v jazyce Java Script



Obrázek 13: Výsledek po aplikaci algoritmu pro odhad odstínu pozadí.

5.1.2 Canny edge detection algoritmus

Algoritmus vytvořený Johnem F. Canny v roce 1986. Slouží k detekci hran s minimálním počtem chyb.

1. Na začátku je na obraz aplikován Gaussovský filtr, který vyhladí hrany. Vyhazení hran je důležitým krokem, jelikož tím docílíme odstranění šumu, který by při detekci hran byl problematický.
2. Druhým krokem je získání gradientu intenzity barev obrazu. Toto je základ pro detekci hran, jelikož rozdíl intenzit je v hranách nejvyšší. Kernel prochází obraz v horizontálním směru (G_x) a ve vertikálním směru (G_y). Výsledný gradient G lze poté vyjádřit vzorcem

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

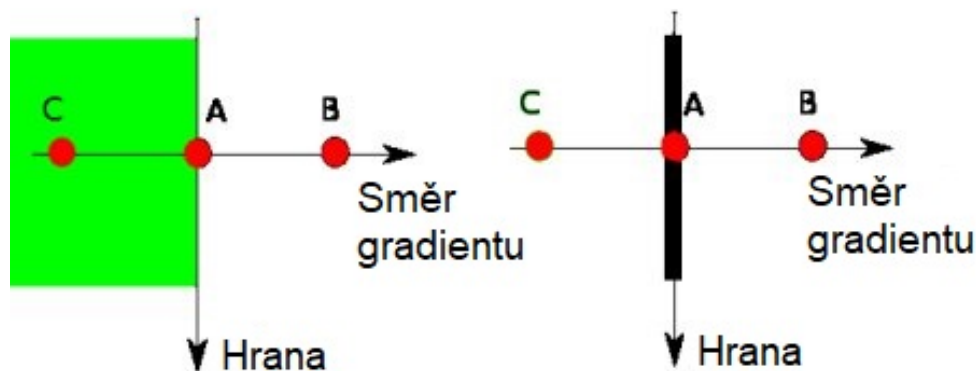
společně s jeho úhlem ϕ

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Směr výsledného gradientu je vždy kolmý k hranám.

3. Aplikace NMS algoritmu, kterým dokážeme získat estimaci popředí a pozadí obrazu. Algoritmus prochází pixely a hledá, jestli je hodnota aktuálního pixelu lokální maximum. Pokud ano,

okolní pixely odstraní. Na obrázku 14 můžeme vidět, že detekoval hranu v bodě A. Body B a C jsou na normále směru gradientu, která je kolmá k hraně. Algoritmus tedy vytvoří hranu a pixely v bodech B a C odstraní.



Obrázek 14: Detekce hran pomocí NMS algoritmu.

4. V posledním kroku je proveden tzv. hysterezní práh, který definuje minimální a maximální prahovou hodnotu. Pokud křivka intenzity gradientu nabývá v některém bodě hodnoty vyšší, než je maximum, tak je to jistě hrana. Pokud křivka ve všech bodech nabývá hodnoty nižší, než je minimální hodnota, tak to zcela určitě hrana není a je tak zahozena. Křivky, které mají své hodnoty v intervalu prahových hodnot, jsou dále zkoumány a buď jsou zahozeny, nebo jsou definovány jako hrany.



Obrázek 15: OpenCV Canny algoritmus s různými prahovými hodnotami.

Jak můžeme vidět na obrázku 15, i vysoké mezní hodnoty dokázaly obrysy auta detekovat s velkou přesností. Příliš nízké mezní hodnoty naopak detekovaly i největší detaily, jako jsou vzduchové otvory a nežádoucí gradient barev v pozadí. Dalším postupem při odstranění pozadí se tedy nabízí vytvoření masky z hran a aplikace masky na originální obrázek.

5.1.3 GrabCut algoritmus [16]

Grabcut vyvinula Microsoft Research Cambridge, VB, jako uživatelsky přívětivější verzi GraphCut. Oba jsou z rodiny tzv. Min-Cut algoritmů z teorie grafů. Jeho principem je uživatelem zadaná refe-

renční oblast, ve které by se objekt měl nacházet. Další postup je pak odhad popředí a pozadí obrázku. Vše, co je mimo zadanou oblast, se bere jako pozadí. Vše uvnitř pak jako objekt. Na následujícím obrázku 16 lze vidět využití GrabCut algoritmu pro maskování objektu.



Obrázek 16: Příklad GrabCut algoritmu se zadanou oblastí (zeleně), pomocí služby Clipping Magic [8].

5.1.4 Sémantická segmentace

Jedná se o metodu, kde se daný obraz rozdělí na segmenty a kde by ideálně každý segment měl určovat jeden objekt obrazu. Jde tedy o způsob, jak definovat vztahy mezi pixely. Tato metoda byla využita např. v autonomních vozidlech nebo dentálních vyšetřeních. Principem je neuronová síť, která je naučená rozpoznávat určitý počet objektů. Mezi známé objekty patří například auta, zvířata, lahve aj. V naší ukázce je použita vytrénovaná síť DeepLabV3.

Použitelná vlastnost sémantické segmentace je možnost nejen určit, zda se objekt na obraze nachází, ale dokáže přesně určit souřadnice. Každý objekt je v algoritmu klasifikován. To znamená, že každému objektu je přiřazena některá barva (auto je například šedé).

V následující ukázce můžeme vidět, jak by se dala realizovat funkce pro segmentaci obrazu s výstupem RGB masky. Vstupem funkce je obrázek, který je zmenšený, tenzorovaný a normalizovaný na specifické hodnoty zadané organizací ImageNet. Funkce obsahuje seznam známých objektů, kterým jsou přiřazeny barvy RGB hodnotami. Kupříkladu první položkou je pozadí a sedmou je auto. Dalším krokem je vytvoření prázdných 2D matic pro každý z barevných kanálů. Poté následuje cyklus, který prochází všemi indexy objektů a přiřazuje kanálům jejich odpovídající hodnoty, vzhledem k tomu, o jaký objekt se jedná. Nakonec se kanály spojí a zformují RGB obrázek.

```
def decode_segmap(image, source, nc=21):
    label_colors = np.array([(0, 0, 0), # 0=pozadí
                             # 1=letadlo, 2=kolo, 3=ptak, 4=lod, 5=lahev
                             (128, 0, 0), (0, 128, 0), (128, 128, 0), (0, 0, 128),
                             (128, 0, 128),
                             # 6=autobus, 7=auto, 8=kocka, 9=zidle, 10=krava
```

```

(0, 128, 128), (128, 128, 128), (64, 0, 0), (192, 0,
0), (64, 128, 0),
# 11=jidelni stul, 12=pes, 13=kun, 14=motocykl, 15=
clovek
(192, 128, 0), (64, 0, 128), (192, 0, 128), (64, 128,
128), (192, 128, 128),
# 16=rostlina v kvetinaci, 17=ovce, 18=gauc, 19=vlak,
20=tv/monitor
(0, 64, 0), (128, 64, 0), (0, 192, 0), (128, 192, 0),
(0, 64, 128)])

r = np.zeros_like(image).astype(np.uint8)
g = np.zeros_like(image).astype(np.uint8)
b = np.zeros_like(image).astype(np.uint8)

for l in range(0, nc):
    idx = image == l
    r[idx] = label_colors[l, 0]
    g[idx] = label_colors[l, 1]
    b[idx] = label_colors[l, 2]

rgb = np.stack([r, g, b], axis=2)
return rgb

```

Výpis 2: Maska objektu pomocí sémantické segmentace

Jak vypadá výsledek funkce můžeme vidět na obrázku 17. Je vidno, že funkce správně detekovala auto a označila jej šedou barvou. Neboli RGB kódem (128,128,128).



Obrázek 17: Maska objektu vytvořená pomocí sémantické segmentace.

Stejně jako v předchozích řešeních, dalším krokem může být použití výstupu jako masky a ořezání

pozadí. Před odstraněním pozadí je ovšem žádoucí masku nejprve vyhladit, aby ve výsledku nezůstaly ostré hrany.

5.2 Remove.bg

Jedna z firem nabízející placené služby pro hromadné odstranění pozadí je remove.bg. Jejich algoritmus je založený na trénování umělé inteligence, která dokáže bezchybně detekovat objekt v takřka všech situacích. Předplacení služby je formou kreditů, kdy jeden kredit odpovídá jedné fotce. Existuje také možnost měsíčního, či ročního předplatné kreditů, které je levnější. Automatizace je s touto službou velice jednoduchá, jelikož nám nabízí API, přes které můžeme sady obrázků zpracovávat. V následující tabulce jsou vyobrazeny nabídky nejběžnějších služeb pro odstranění pozadí na snímcích. Nabízené balíčky jsou vybírány tak, aby byly obsahem totožné. Remove.bg například nabízí také balíčky, které nejsou předpláceny měsíčně, ale ty jsou z pravidla dražší.

Tabulka 2: Porovnání cen služeb pro odstranění pozadí snímků

služba	počet obrázků	cena	další funkcionality
remove.bg [26]	500	\$89 měsíčně	50 API přístupů měsíčně, plugin do Adobe Photoshop
Clipping Magic [9]	neomezeně	\$19.99	hromadné zpracování fotek
Adobe Photoshop [5]	neomezeně	\$24.19 měsíčně	n/a

5.3 Adobe Photoshop

Jako další placenou službu můžeme využít Adobe Photoshop [5], zmiňovaný v sekci 4.4. Jeho využití spočívá také v umělé inteligenci, která dokáže detekovat hrany objektu a automaticky tak vytvořit hraniční masku. Výhodou je jednorázová platba, bez nutnosti doplňovat kredit. Nevýhoda je, že vytvořené masky nejsou vždy perfektní a je nutné manuálně zasáhnout, pokud hledáme lepší kvalitu výsledku.

5.4 Alternativy

Odstranění pozadí není vždy jediné řešení, kterého můžeme využít. Pokud hledáme nejlevnější řešení, které zaručuje výslednou kvalitu prezentace, tak máme i jinou možnost. Jedna z nich je pozadí neodstraňovat, ale jen rozmazat, nebo přidat šum. Výsledkem bude fotografie, která může být ve formátu bez alpha kanálu a zároveň přeneseme všechnu pozornost pozorovatele na objekt zájmu. Příklad využití Gaussovského rozmazání pro zviditelnění objektu na snímku lze vidět na obrázku 18a.



(a) Originál



(b) Po rozostření pozadí

Obrázek 18: Rozdíly po aplikaci gaussového rozostření na pozadí.

6 Metody manipulace s rekonstruovaným objektem

V této sekci se zaměříme na samotný objekt a jeho pohyb při tvorbě snímků. Způsob manipulace s objektem závisí převážně na jeho velikosti a technologii, kterou využíváme. Některé metody jsou vhodnější pro uživatele, kteří vyhledávají nízkonákladová řešení.

Správný výběr metody je klíčový. Pokud by byla vynechána tato část, může dojít k nežádoucím efektům ve výsledné prezentaci. Špatný výběr metody může v prezentaci vytvořit skoky v přechodech mezi snímky, rozdílné stíny aj.

6.1 Pasivní přístup

Pasivním přístupem se myslí situace, kdy objekt je statický a kamera se pohybuje okolo něj. Snímky se pak vytváří v předem přesně určených intervalech (stupních). Tato metoda je vhodná pro objekty větších rozměrů, s kterými je obtížné pohybovat. Je to ideální řešení pro prezentaci automobilů nebo domů. Nastává zde řada problémů, kterým se obtížně vyhýbá. Kamera by měla být k autu vždy kolmo. Tento fakt nelze zaručit, pokud nepoužíváme stativ, který by nám zajistil orientaci objektivu vůči objektu.

Další z problémů jsou stíny a osvětlení. Pokud se jedná o focení automobilu nebo jiných velkých předmětů, je pravděpodobné, že se focení bude odehrávat na venkovním prostranství. Nelze zaručit, že světlo bude rovnoměrné po celou dobu focení. Je proto vhodné snímky vytvářet co nejrychleji a v nejlepší možné kvalitě.

6.2 Aktivní přístup

Aktivní přístup je opak pasivního. Kamera je statická a objekt se otáčí kolem vlastní osy. Focení vypadá tak, že po zvolení libovolného bodu na objektu jakožto středu, se bod zarovná s jednotlivými vyznačenými úhly. Tento způsob manipulace je ideální pro objekty menších rozměrů. Aktivní přístup nemá žádný z problémů, které přináší přístup pasivní.

Díky tomu, že se s kamerou nemusí pohybovat, nám tato metoda zaručí lepší výslednou rekonstrukci a méně času potřebného na přípravu. Tuto metodu lze využít i pro rekonstrukci větších objektů. Je to ovšem velice nákladné a vhodné jen pro profesionální reprodukci.

Pokud se rozhodneme použít tuto metodu, je důležité použití jakéhokoli typu otočné podstavce (stolu) pro co možná nejlepší kvalitu rekonstrukce. Z tohoto důvodu je použití této metody pro opravdu velké objekty takřka nereálné, pokud nedisponujeme například otočnou rampou pro lokomotivy, nebo jinou otáčivou podstavou.

Pomocí otočného stolu a faktu, že focení probíhá v uzavřených prostorách, můžeme zaručit rovnoměrné nasvětlení a odbourat tak vnější negativní vlivy na výsledný produkt. Tento způsob, spolu se studiovým osvětlením používá většina, ne-li všechny, e-commerce weby.

6.3 Důležité parametry pro zaručení kvality

Mezi důležité parametry patří vše, co ovlivní výslednou kvalitu rekonstrukce. Nejdůležitějším atributem, který je důležité zvážit, je počet snímků. Vyšší počet snímků znamená plynulejší přechod a vyšší výslednou kvalitu. Pochopitelně také přináší negativa, jako jsou vyšší nároky na paměť a výpočetní techniku.

Při volbě počtu snímků je kritické dodržovat symetrii úhlů. Ke každému snímku by měl existovat právě jeden snímek z přesně protějšího úhlu (tj. 180°). Výsledný počet snímků by tedy měl být vždy sudý a v ideálním případě násobek čtyř, aby byla zachována celková symetrie výsledné rekonstrukce.

Jako zlatý standard, který používá většina firem prezentujících své produkty tímto způsobem, se volí 24 snímků. V tomto případě je rekonstrukce plynulá a skoky mezi snímky nejsou agresivní. Úhlový interval mezi snímky je 15° , takže zachytíme každý detail objektu. Nároky na paměť a výpočetní techniku jsou přijatelné, a proto je to ideální řešení pro běžné účely prezentace. Pokud bychom vyžadovali perfektní přechody bez jakýchkoli skoků, mohli bychom zvolit např. 72 snímků (interval 5°), nebo 48 snímků (interval 7.5°). Se zvyšováním počtu snímků je ale mnohem důležitější minimalizování pohybu kamery a jiných nežádoucích vlivů. Pokud by došlo k posunu objektu, nebo změně výšky kamery, mohlo by dojít ke zničení plynulého efektu a výsledný produkt by vypadal mnohem hůř, než kdybychom zvolili snímků méně.

Navýšení celkového počtu snímků přináší zkvalitnění prezentace a lepší dojem z produktu. Avšak nevýhodou je až ztrojnásobení nároků na paměť.

7 Metody pořizování série snímků

Tyto metody se odlišují podle toho, zda jsme zvolili aktivní 6.2, nebo pasivní 6.1 přístup. U aktivního přístupu je nutné použití otočného stolu. Existuje způsob, u kterého bychom objektem otáčeli ručním způsobem. U tohoto způsobu však nelze zaručit plynulý přechod mezi snímky. U pasivního naopak žádné speciální nástroje nejsou potřebné a stačí nám pouze dostatečný prostor.

7.1 Otočný stůl

Tato metoda je vhodná pro aktivní přístup s objekty menších rozměrů. Zaručí nám vyšší důraz na plynulost a kvalitu rekonstrukce.

V praxi je provedení triviální. Objekt je usazen na střed otočného stolu, na kterém jsou vyznačeny intervaly úhlů. Postupně se pak objekt otáčí po směru hodinových ručiček a vytváří snímky na každém z intervalů.

7.2 Kružnice

Metoda „kružnice“ je naopak vhodná pro přístup pasivní. Okolo objektu je vyznačena kružnice, která je rozdělená na úhlové intervaly. Velikost kružnice se odvíjí podle velikosti objektu a měla by být alespoň dvojnásobná nejdelší straně předmětu. Kamerou poté obcházíme předmět a na každém z vyznačených intervalů vytvoříme snímek. Je zde důležité vhodně zvolit prostory, jelikož se v rekonstrukci projeví každá nerovnost. Je důležité provést kvalitní přípravu, abychom mohli provádět focení v co nejrychlejším tempu.

7.3 3D objekt

U 3D objektu je vhodné zvolit zařízení, které dokáže vytvářet snímky ve vysokém rozlišení. Algoritmus vytváření párů funguje nejlépe pro fotky s velkou hloubkou ostrosti. Ve výsledku by měla existovat sít' fotografií, ve které alespoň dvě fotky mají společný libovolný bod nacházející se na předmětu. Na rozdíl od předchozích metod zde úhlové intervaly nehrají roli a předmět lze fotit z libovolné dálky a polohy.

Měli bychom v rámci možností zaručit neměnné osvětlení a vyvarovat se pohybu okolních předmětů a stínů. Pokud by došlo ke změně pozadí během focení, mohlo by dojít k deformaci výsledné rekonstrukce. Dopad špatného osvětlení a pohybu na pozadí je znázorněn na následujícím obrázku 19a. Naopak rekonstrukce, která žádným z těchto vlivů nepodstoupila je vyobrazena na obrázku 19b. Více v samostatné kapitole o fotogrammetrii 8.1.



(a) Změny pozice stínů v pozadí



(b) Kontrolované prostředí beze změn

Obrázek 19: Rozdíly rekonstrukcí dle osvětlení

7.4 Panoramatické (sférické) fotky

Panoramatem se myslí fotka, která zachycuje rozšířené zorné pole. Panoramatická fotka se vyznačuje svým velkým poměrem šířky k její výšce. Dokážeme tak zachytit mnohem širší prostor před objektivem než u klasických snímků. Dá se jí docílit správnou volbou objektivu a post produkci. Objektivy, které nám mohou s focením panoramat pomoci, se vyznačují tzv. „rybím okem“. Při použití fotoaparátu s rybím okem docílíme snížení počtu potřebných snímků až na čtvrtinu. Rybí oko totiž zachytí mnohem širší obraz, než dokáží klasické portrétové objektivy. Dokážeme jednoduše zachytit celý prostor okolo sebe. Panoramatické snímky jsou proto ideálním kandidátem pro focení interiéru. Následující obrázek obsahuje interiér automobilu zachycený pomocí objektivu disponujícího rybím okem.



Obrázek 20: Snímek interiéru auta pomocí širokoúhlé (rybí oko) kamery.

7.4.1 „Equirectangular“/„Cylindrical“ projekce

Jedná se o tzv. projekci do válce. Jde o nejběžnější způsob mapové projekce. Principem je rekonstrukce kulovité plochy do válcovitého tvaru, který lze následně zobrazit v rovině. Během projekce dochází k rozdělení plochy na rovnoběžky a poledníky. Bohužel při ní dochází i ke značnému zkreslení pravdivých rozměrů okolo pólů. Válcovitého panoramatu docílíme stabilizací fotoaparátu a otáčením čočky kolem vlastní osy, jako bychom fotili vnitřek pomyslného válce. Prostorovou fotografii interiéru budovy pomocí „Cylindrical“ projekce lze vidět na obrázku 21.



Obrázek 21: Equirectangular projekce na rovinu [13].

7.4.2 Sfěrické panorama

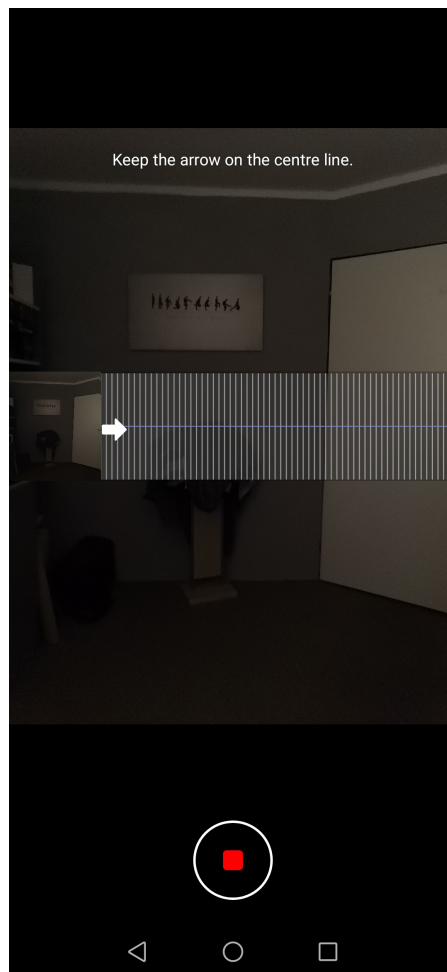
U tohoto typu se na rozdíl od předešlé projekce snažíme panorama vytvořit ve tvaru sféry. Dokážeme tak zachytit vertikální zorné pole až 180° . Příklad takovéto projekce je vyobrazen na obrázku 22.



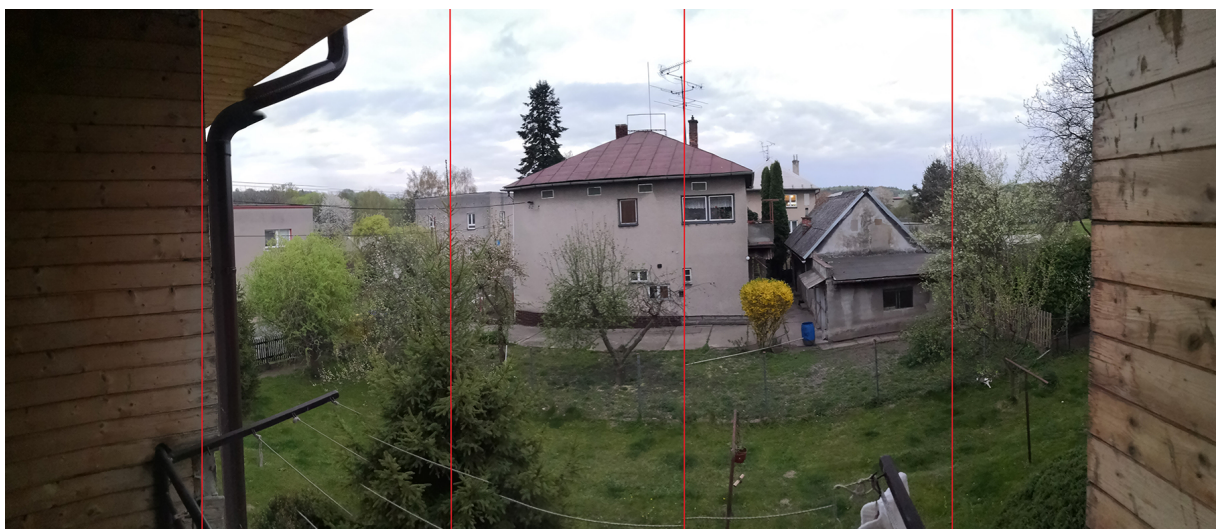
Obrázek 22: Sfěrická projekce na rovinu [15].

7.4.3 Chytré telefony

Většina chytrých telefonů má v dnešní době možnost vyfotit panoramatickou fotku. Mobilní telefon nás bude navádět a postupně fotit snímky do panoramatu. Uživatelské rozhraní během tvorby panorama lze vidět na obrázku 23. Nakonec všechny snímky spojí dohromady a vytvoří jednolitý panoramatický snímek (viz obr. 24), se kterým můžeme dále pracovat. Jedná se o nejběžnější a nejjednodušší způsob vytváření panoramat.



Obrázek 23: Uživatelské rozhraní panoramatické kamery v systému Android.

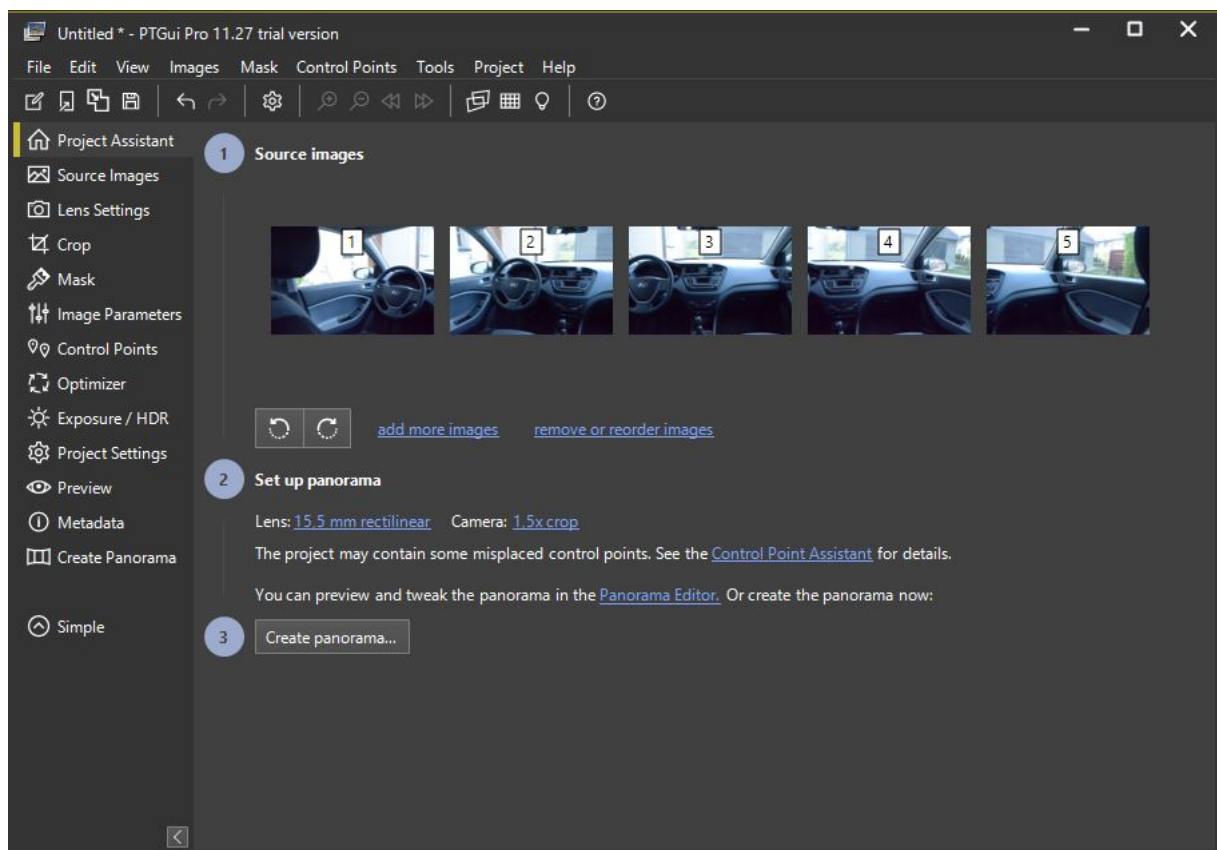


Obrázek 24: Snímek pořízený panoramatickou kamerou v systému Android.

7.4.4 Stitching software

Stitching software slouží ke spojení snímků. Umožní zároveň použít kvalitní fotoaparát a ovlivnit průběh spojování snímků. Máme tak možnost před samotným vytvořením panorama snímky upravit a odstranit všechny nedostatky.

V prvním kroku je nutné vytvořit sérii snímků, které zachytí celý požadovaný prostor. Ve druhém kroku pak snímky zpracuje stitching software (např. PTGui [25]), který dokáže detekovat polohu snímků a zařadit je do kontextu panorama. Posledním krokem je volba typu panorama (Cylindrical/spherical) a panorama je možné exportovat. Jak vypadá uživatelské rozhraní programu pro spojení snímku do panorama lze vidět na obrázku 25. Hotové panorama je vyobrazeno na obrázku 26.



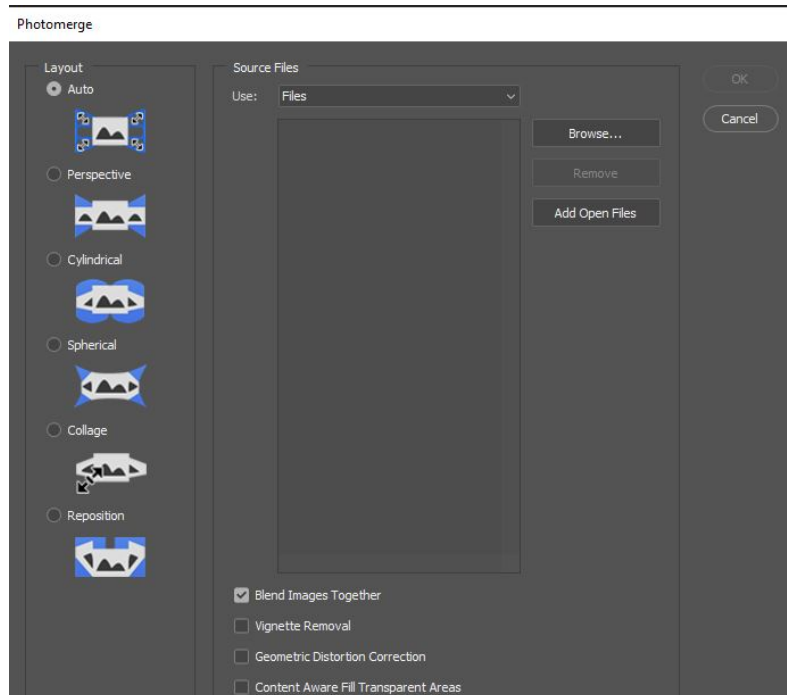
Obrázek 25: Uživatelské rozhraní ve stitching softwaru PTGUI [25].



Obrázek 26: Výsledné panorama vytvořeného ve stitching softwaru PTGUI [25].

7.4.4.1 Adobe Photoshop

Grafický editor, který byl již zmiňován v kapitole 4.4, také nabízí možnost automatického spojení série snímků. Pokud zvolíme v hlavním menu File->Automate->Photomerge, máme na výběr hned z několika možností rekonstrukce (viz obr. 27). Poté stačí zvolit soubory, ze kterých chceme panorama sestavit a program udělá vše za nás. Můžeme si zvolit, zda požadujeme provést opravu zkreslení okolí, tudíž panorama může odpovídat skutečným rozměrům. Příklad generace panorama v grafickém editoru můžeme vidět na obrázku 28.



Obrázek 27: Volby panoramat v editoru Adobe Photoshop [5].



Obrázek 28: Příklad generování panorama v editoru Adobe Photoshop [5].

8 3D a 360° projekce

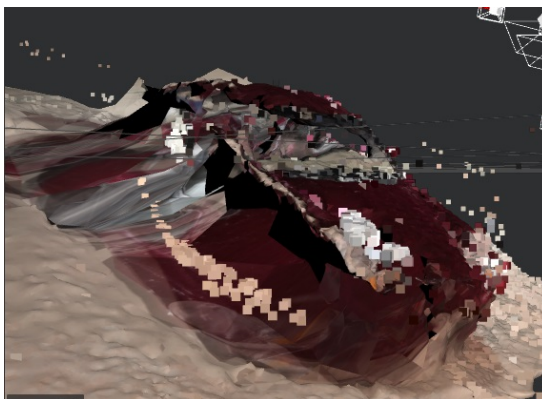
8.1 Vícesnímková fotogrammetrie pro 3D rekonstrukci

Pokud se snažíme vytvořit 3D reprezentaci objektu v digitální podobě, je fotogrammetrie naší nejlepší možností. Fotogrammetrie je obecně obor, který se zabývá zpracováním údajů na snímku. Konkrétně jde o způsob zpracování tvarů, rozměrů a polohy předmětu na snímku. Princip vícesnímkové fotogrammetrie spočívá v tom, že dva či více snímků obsahují stejný bod ležící na předmětu. Díky tomuto průniku bodů na jednotlivých snímcích, můžeme sestavit takřka jakýkoliv objekt v prostoru.

8.1.1 Kritéria a optimalizace rekonstrukce

Pro následující modelové ukázky předpokládáme použití programu Meshroom [19]. Existují i rovnocenné alternativy, jako například 3DZephyr. Fotogrammetrie je závislá na použité technologii mnohem více, než klasické prostorové fotky. Jelikož většina fotogrammetrických programů využívá pro značnou část svého procesu CUDA výpočty, je nutné mít CUDA kompatibilní grafický procesor. Výkonnost grafického procesoru a jiné periferie se těsně váže na dobu zpracování (viz tab. 3).

Dále je nutné použití fotoaparátu, který dokáže pořizovat snímky alespoň ve 4K rozlišení. Zpracování datasetu totiž vyžaduje snímky v největší možné velikosti. Jelikož fotogrammetrie vytváří rekonstrukci podle okolí objektu, je nutné, aby během snímání předmětu nedošlo k jakémukoliv pohybu na pozadí. Jakýkoliv pohyb by mohl celou rekonstrukci zničit a části předmětu by se nemusely zpracovat. Níže můžeme vidět výsledek rekonstrukce, při které došlo mezi snímky k pohybu objektů v pozadí. Snímky byly také pořizovány na mobilní fotoaparát s rozlišením 2K.



Obrázek 29: Špatně zrekonstruovaný objekt pomocí fotogrammetrie.

Dalšími kritérii jsou rovnoměrné osvětlení a dostatečný počet snímků. Na obrázku ?? bylo použito 206 snímků, z nichž 170 bylo vyhodnoceno jako vhodných. Byla použita DSLR kamera s možností 4K rozlišení a nedošlo k žádným pohybům během snímání předmětu. V tabulce níže můžeme vidět přibližný čas zpracování rekonstrukce. Bylo použito základní nastavení a stejný počet snímků.

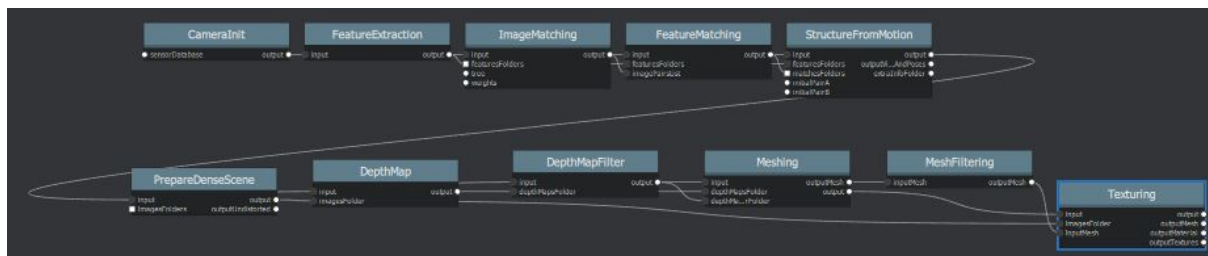
Doba zpracování je přímo úměrná nastavení, které použijeme. Základní nastavení, předvoleno programem, se po mnoha hodinách testování ukázalo jako nejlepší volba. Při použití základního nastavení, kdy je vypnuto „guided matching“ a „describer preset“ je nastaven na hodnotu „normal“, byla doba zpracování až poloviční. Výsledek zpracování, oproti vyššímu nastavení, nebyl v tomto případě znatelný. Musíme počítat s tím, že např. zvýšení detailu v extrakci vlastností, nebo zvýšení počtu sousedních kamer v bloku vytváření struktury může výpočetní dobu i ztrojnásobit. Detaily výsledné rekonstrukce s vyšším nastavením nebyly dostatečně rozdílné, aby obhájily dobu zpracování. Proto je vhodné šetřit v nastavení a výsledný objekt upravit v post produkci.

Tabulka 3: Výpočetní doba podle použitého hardwaru

Typ	Nastavení	Počet snímků	CPU	GPU	RAM	Doba zpracování
Laptop	Základní	206	i7-6700HQ	GTX 960M 4GB	8GB	12 hodin
PC	Základní	206	Ryzen 5 3600	RTX 2060 6GB	16GB	4 hodiny

8.1.2 AliceVision - Meshroom

Meshroom [19] je open source software pro fotogrammetrii. Byl vyvinut díky spolupráci mnoha evropských partnerů (mezi nimiž jsou i studenti ČVUT [17]). Jeho silnou stránkou je jednoduchost a efektivita. Časová osa zpracování reprodukce je rozdělená do bloků, kde každý blok reprezentuje jednu část procesu.

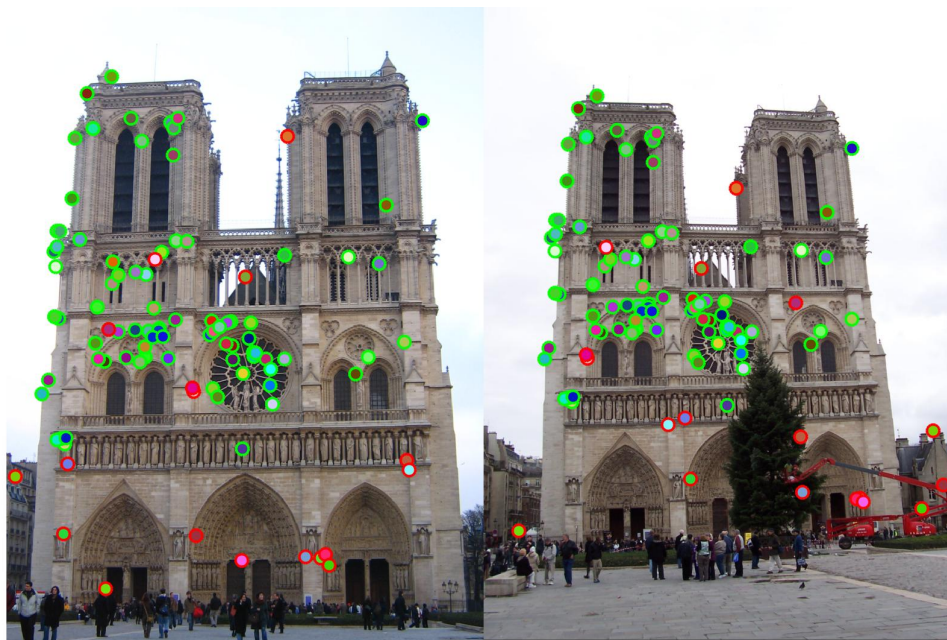


Obrázek 30: WorkFlow proces programu Meshroom.

Následuje zjednodušený popis workflow (pracovní postup), který Meshroom [19] využívá pro vytvoření reprodukce.

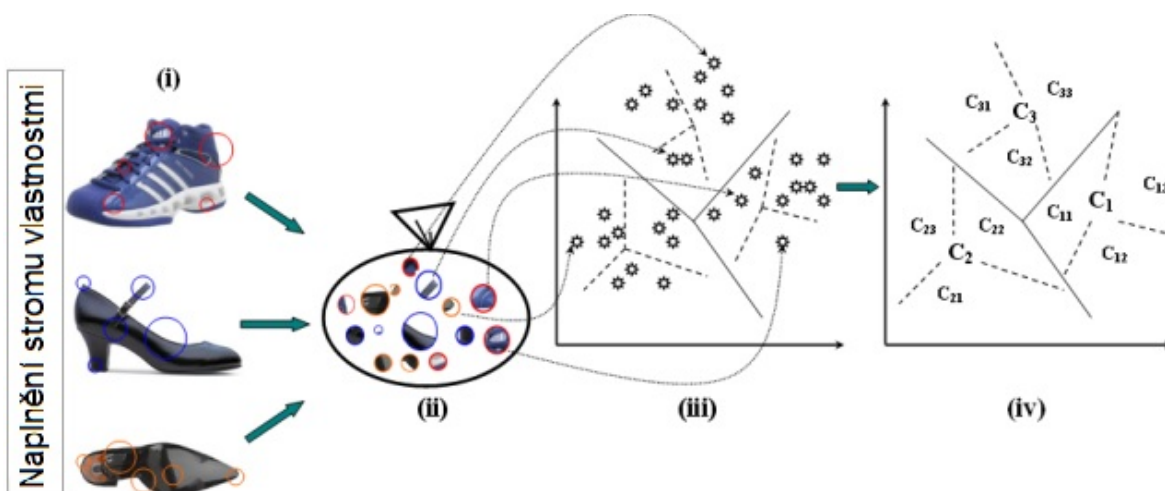
1. **Extrakce vlastností obrazu (Feature Extraction) [21]** - V prvním kroku dochází k procházení snímků a hledání společných vlastností (features). Tedy dochází k redukci datasetu pouze na skupinu snímků, jejichž pixely mají společné vlastnosti. Vlastnostmi jsou myšleny body, hrany nebo objekty na snímku, které se dají klasifikovat. Díky tomu se značně redukuje výpočetní doba. K dosažení výsledků se zde používá tzv. SIFT algoritmus. Díky tomuto algoritmu nezáleží na orientaci, ani velikosti jednotlivých snímků. Pomocí tohoto algoritmu jsou vytvořeny tzv. body zájmu na snímcích. Body zájmu mohou být místa, která jsou pro snímky specifická

a nečím vynikají. Body zájmu jsou také místa, kde se náhle scházejí hrany nebo rohy a je tak velký rozdíl kontrastů pixelů na malém prostoru snímku. Pro každý bod zájmu je vytvořený tzv. deskriptor. Deskriptor je většinou o velikosti 128 B a obsahuje hodnoty gradientu, velikosti a orientace jednotlivých oblastí okolo bodů zájmu. Počty vlastností se pohybují okolo 1-10 tisíc pro každý snímek.



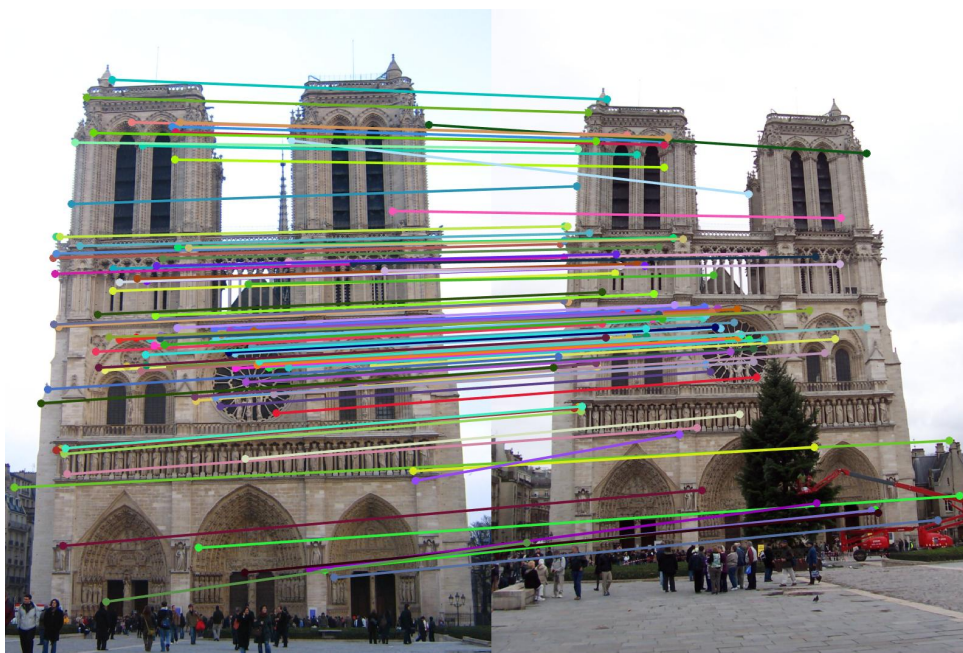
Obrázek 31: Příklad extrakce vlastností z katedrály Notre Dame v Paříži.[22]

2. **Spojování obrazů (Image Matching)** [29] - Cílem tohoto bloku je uspořádat snímky do skupin podle jejich orientace. Ve výsledku jsou spojeny snímky, které jsou orientovány na stejný bod objektu. Snímky jsou v tomto bodě redukovány na snímkové deskriptory. Pro tento krok se využívá tzv. Vocabulary tree (typu stromové datové struktury). Strom je naplněn jednotlivými deskriptory vlastností. Snímkový deskriptor je tedy jedna větev stromu. Jak by naplnění stromu mohlo vypadat, je zobrazeno na obrázku níže.



Obrázek 32: Naplnění stromové struktury vlastnostmi snímků.[31]

3. **Spojování vlastností obrazu (Feature Matching)** [14] - Ve třetím bloku dochází ke spojení všech společných vlastností mezi dvojicemi snímků. Pro získání párů dochází k vyhledávání společných listů v deskriptorech jednotlivých snímků. Níže můžeme vidět dva snímky z dvou různých úhlů, které spojují jejich společné vlastnosti.



Obrázek 33: Spojení vlastností snímků z rozdílných úhlů [23].

4. **Konstrukce struktury objektu z pohybu (Structure From Motion)** [27] - Zde dochází k reprezentaci snímků jakožto geometrických souřadnic. Každý pár se společnými vlastnostmi v tomto

bloku splyne jako jeden bod v prostoru. Kritický je ovšem výběr prvního páru. Od něj se totiž odvíjí celá prostorová rekonstrukce. První výběr tedy musí obsahovat pár, který má velký počet společných vlastností a také dostatečný úhel mezi kamerami pro zachycení spolehlivých informací o geometrických souřadnicích. Poté se jen cyklicky hledají a přidávají kamery (snímky), které mají společné vlastnosti s těmi, které už jsou v prostorové matici. Výsledek prostorové matice vypadá takto.



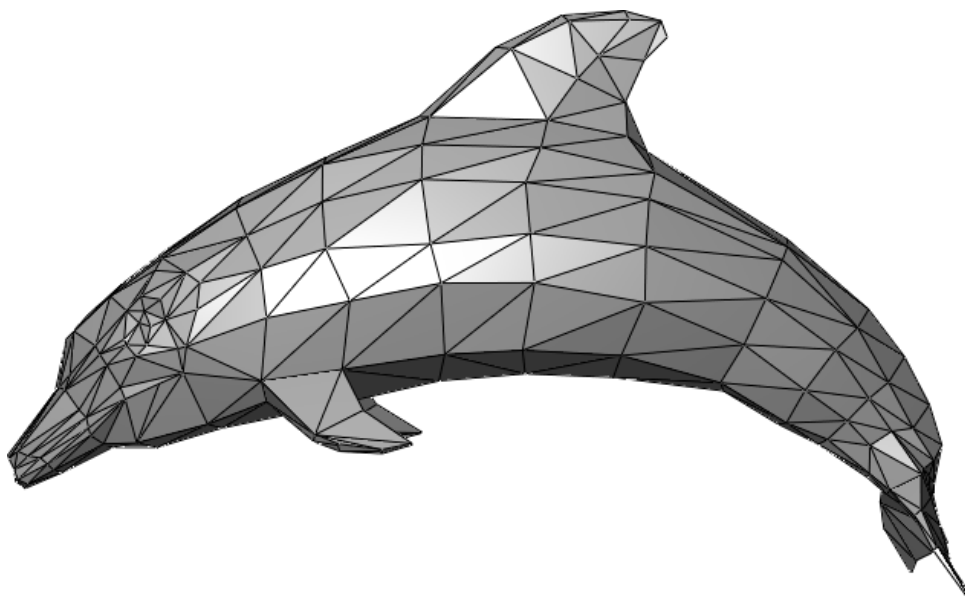
Obrázek 34: Výstup SfM v programu Meshroom.

5. **Odhad hloubkové mapy (Depth maps estimation) [10]**- Hloubková mapa je způsob, jakým se dá reprezentovat reálná vzdálenost objektů v prostoru vůči libovolnému bodu. V tomto kroku se tedy pro každou kameru získanou z předchozího bloku zjišťuje hodnota hloubky všech jejích pixelů. Výstupem je mnoho hloubkových map, u kterých známe jejich podobnosti. Hloubková mapa se vyznačuje rozdílem odstínů šedi. Části snímků, které jsou vzdálené, jsou tmavší, kdežto částí blíže pozorovateli jsou světlejší. Příklad hloubkové mapy můžeme vidět níže.



Obrázek 35: Příklad hloubkové mapy [11].

6. **Vytváření Mesh (Meshing)** [20] - Meshing je proces, kdy se vytváří povrch finálního objektu z polygonů. Meshroom používá oktálový strom, ve kterém každých 8 uzlů obsahuje nejbližší hodnoty hloubek. Výsledná mesh se v tomto kroku dá redukovat ke snížení výsledného počtu polygonů. Do pracovního postupu programu můžeme přidat i další bloky, kterými lze změnit aktuální průběh procesu. Jedním z těchto bloků je právě MeshDecimate, který sníží počet polygonů naší mesh, ještě před jejím finálním zpracováním.



Obrázek 36: Příklad mesh struktury z polygonů. [18].

7. **Texturování (Texturing)** [28]- Finální krok je aplikace textur na vygenerovanou mesh strukturu. Výsledný objekt po aplikaci textur může vypadat takto.



Obrázek 37: Výstup Objektu s texturami v programu Meshroom.

Můžeme vidět, že objekt obsahuje mnoho špatně detekovaných pixelů a okolních předmětů. Dalším krokem by tedy bylo použití např. programu Blender [7], kterým bychom objekt re-tušovali do výsledné podoby. Dále, pokud jsme tak neučinili pomocí MeshDecimate bloku, je vhodné snížit počet polygonů, jelikož Meshroom [19] objekty mívají i okolo 1 000 000 polygonů. Takový počet je pro webovou prezentaci nepřijatelný. Polygony se dají proto snížit u detailnějších objektů třeba na 50 000. U méně detailních se výsledný počet může pohybovat i mezi 1-2 tisíci.

8.1.3 Fotogrammetrie v e-commerce

Jak lze vidět z tabulky 3, doby výpočtu se značně liší s vylepšením použitých periférií. Takovou dobu zpracování nelze obhájit, pokud se bavíme o prezentaci produktů v e-commerce. Z tohoto důvodu je toto řešení vhodné pouze v případech, kdy výsledný čas výpočtu nehraje významnou roli, např. pokud se jedná o reklamu na nový produkt, která vyžaduje vyšší úroveň prezentace. Jak můžeme vidět na obrázku 37, tak i při použití vhodného nastavení a prostředí pro snímání, výsledná rekonstrukce nemá dostatečnou kvalitu, aby se dala prezentovat jako hotový produkt. Z tohoto důvodu je do doby zpracování nutné ještě započítat dobu strávenou na grafické úpravě v 3D modelovacím programu.

8.2 360° projekce

Rozdíl mezi 3D a 360° prezentací je ten, že u 360° projekce dochází k interakci pouze na jedné až dvou osách systému souřadnic. U 3D prezentace je pak interakce libovolným směrem. Sférické panorama a 360° produktová fotografie jsou rozdílné pojmy. Pokud se bavíme o prostorových snímcích produktů,

tak se jedná o inverzní sférické panorama. Většina prodejců, hledajících implementaci prostorových projekcí do svých webových aplikací, volí právě možnost 360° prezentace. Důvodů je několik. Jedny z nich jsou například jednoduchost na zpracování a menší doba načítání. V případě nutnosti je možné kterýkoliv ze snímků oddělit, retušovat a zpátky přidat do modelu. Možnosti a typy implementací jsou velmi rozsáhlé. Funkce, které by neměly chybět pro kvalitní prezentaci, jsou přiblížení a vytváření bodů zájmů (hotspotů). V dalších kapitolách se podíváme na ty nejoblíbenější a nejrobustnější služby. Níže je zobrazen příklad série snímků, které lze využít pro prostorovou reprodukci.



Obrázek 38: Příklad série snímků, ze kterých lze vytvořit prostorovou projekci objektu.

8.2.1 Triviální algoritmus

Triviální algoritmus funguje na principu přepínání snímků podle uživatelského vstupu. Uživatel by měl mít možnost nějakým způsobem modelem otáčet po jeho vlastní ose. Prvotně je nutné načíst všechny snímky, aby byly přechody plynulé. Dále je vhodné implementovat běhoun nebo jiný typ uživatelského vstupu, kterým se otáčení bude ovládat. Nakonec je důležité implementovat plynulý přechod zpět na první snímek v cyklu, aby se dalo objektem otáčet libovolně. Triviální skript v jazyce JavaScript, by mohl tedy vypadat takto.

```
var image360 = document.getElementById("image360");
var slider = document.getElementById("slider");
var imageNo = 1;
var images = [];

for(var i = 1; i < 22; i++){
    images[i] = new Image();
    images[i].src = "images/Car360_" + i + ".jpg";
}

slider.addEventListener("input", function(){
```

```

    image360.src = images[slider.value].src;
});

function rotate(){
    if(imageNo === 0) imageNo = 21;
    else if(imageNo === 21) imageNo = 0;
    image360.src = images[imageNo].src;
}

window.setInterval(function(){imageNo += 1; rotate();}, 1000);

```

Výpis 3: Triviální algoritmus pro 360° prezentaci.

Skript ve výpisu 3 na začátku uloží všechny snímky do jednorozměrného pole. Dalším krokem je vytvoření posuvníku, kterým se bude otáčení ovládat. Nakonec je implementována funkce rotate, která iteruje polem snímků, podle uživatelského vstupu. V posledním řádku funkce je nakonec implementována funkce automatického otáčení, pokud uživatel v určitém intervalu nezadá žádný vstup. V samotném HTML souboru pak implementace tohoto skriptu může vypadat takto.

```


<input id="slider" type="range" min="1" max="20" step="1" value="1" />

```

Výpis 4: Implementace triviálního algoritmu pro 360° prezentaci.

Tento algoritmus, avšak s mnohem robustnějším základem, se používá u většiny nejpoužívanějších služeb. Ty si popíšeme v následujících kapitolách.

8.2.2 WebRotate360 SpotEditor

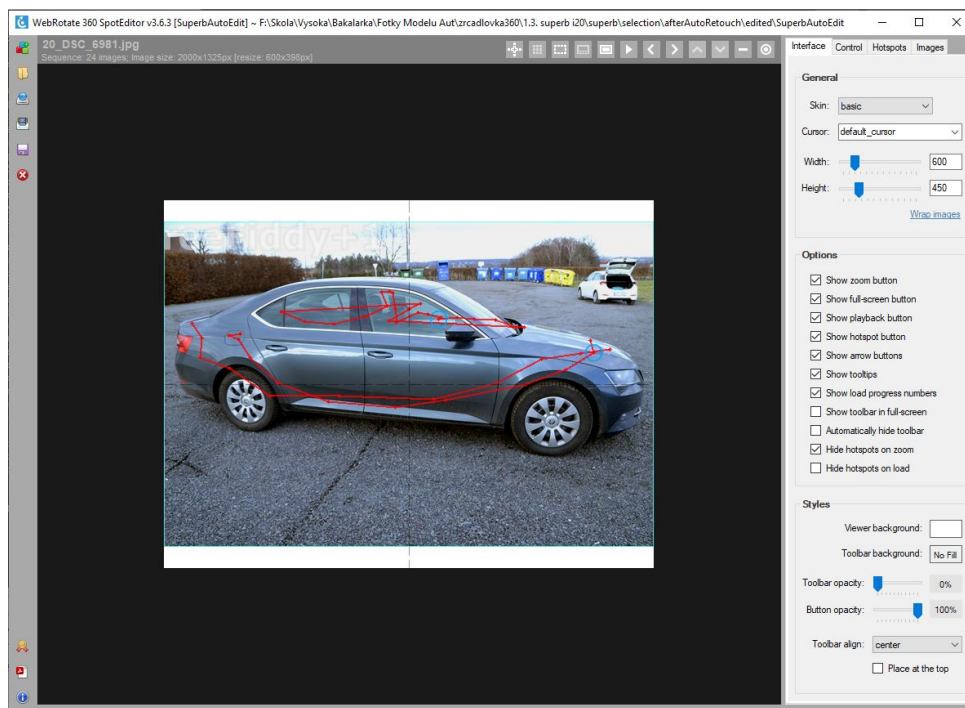
WebRotate360 [32], konkrétně jejich desktopová aplikace SpotEditor [33], je nejoblíbenější řešení v komerčním sektoru. Uživatelské prostředí je jednoduché a přívětivé i pro úplné začátečníky. Robustnost programu je na dostatečné úrovni pro kvalitní prezentaci. Určitou nevýhodou jsou náklady. Firma nabízí neplacenou verzi, která je ochuzena o mnoho důležitých funkcí. Pro jednoduchou prezentaci je i zkušební verze dostatečným pomocníkem. Program jako vstup vyžaduje skupinu snímků. Výstupem je pak samostatná webová aplikace, nebo GIF soubor. Existuje také možnost využití pluginu pro WordPress [34]. Jednotlivé verze a jejich porovnání můžeme vidět v tabulce 4.

Uživatelské rozhraní na obrázku 39, programu SpotEditor [33], nabízí několik funkcí, které při práci můžeme využít. Mezi nejhlavnější funkce patří vytváření bodů zájmu, neboli hotspotů. Hotspot může být například bublina s textem nebo proklikávací pole na další obsah. Můžeme tak vyzdvihnout část produktu, která vyžaduje vyšší detail (interiér auta, ciferník hodinek atp.). Na obrázku 39 můžete vidět červenou barvou právě cesty všech hotspotů, které se pohybují spolu s objektem a jsou vždy umístěny na stejném místě.

Tabulka 4: Porovnání balíčku WebRotate360 [32]

Balíček	Cena	Body zájmu (hotspoty)	Další funkcionality
Základní	Zdarma	4	-
PRO	\$399	Neomezeně	podpora full-screen, více produktů na jedné stránce, před načítání snímku ze samostatného serveru, nástroje pro úpravu snímků
Enterprise	\$599	Neomezeně	podpora full-screen, více produktů na jedné stránce, před načítání snímku ze samostatného serveru, nástroje pro úpravu snímků, eriri spencer sawamura, podpora a aktualizace 3 roky, white label autorská práva na prezentaci

Dále je možnost v programu upravit chování samotného ovládání. Můžeme změnit pořadí snímků, který snímek se objeví jako první anebo jak rychle se bude model otáčet. Všechna tato data jsou uložena v samostatném XML souboru. Na začátku se načte první (úvodní) snímek. Dále následují nastavení rychlosti posunu a ostatní proměnné. Při exportování výsledné rotace můžeme využít mnoha šablon, které jsou součástí programu. Máme možnost exportovat šablonu, která je responzivní pro mobilní zařízení. Dále například můžeme využít JavaScript API nebo shortcode šablonu pro Wordpress [34]. WebRotate [32] dále aktualizuje a zdarma nabízí Wordpress [34] plugin, který jednoduše výsledný model zobrazí. Plugin vyžaduje pouze lokaci exportovaného projektu ze SpotEditoru [33] na disku.



Obrázek 39: Uživatelské rozhraní programu SpotEditor [33].

8.2.3 Ajax zoom

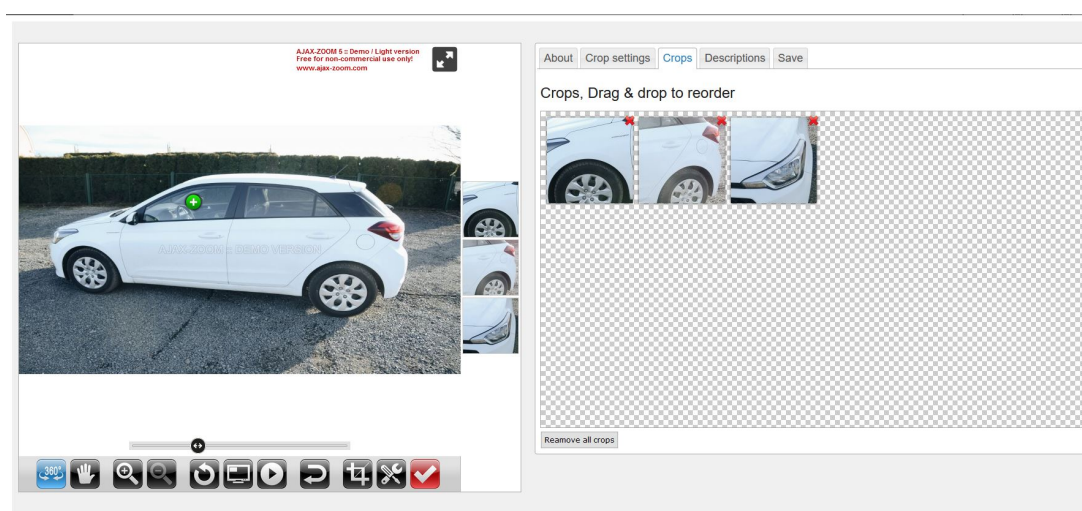
Ajax Zoom [6] je nástroj pro správu a prezentaci 360° a 3D projekcí postavený na JQuery. Nabízí stejné možnosti jako Webrotate360, jen je sofistikovanější a tím pádem více uživatelsky náročný. Stejně jako Webrotate360 nabízí i plugin pro Wordpress, který funguje neoddělitelně s pluginem WooCommerce [35]. Jeho síla je v možnostech nastavení chování výsledného modelu. Máme možnost nastavit takřka cokoliv. Stejně jako WebRotate, Ajax Zoom nabízí více balíčků ke koupi. Demo verze, která je jediná zdarma, není určena pro komerční použití a obsahuje vodoznak u každého obrázku. Rozdíly mezi nejvýhodnějšími komerčními balíčky můžeme vidět v tabulce 5. Z hlediska funkcionalit je prostředí Ajaxu Zoom mnohem robustnější, než WebRotate360 [32], avšak nepříliš uživatelský přívětivé.

Plugin pro Wordpress přináší několik možností, jak implementovat prostorové fotografie. Máme na výběr ze ZIP archivu, který obsahuje všechny snímky, nebo manuální nahrávání snímků (viz obr. 41). Po nahrání všech potřebných snímků, můžeme začít přidávat hotspots a další estetické funkcionality pomocí samostatného uživatelského rozhraní (viz obr. 40). Mezi další možnosti tohoto pluginu patří možnost vytváření tzv. výřezů (crops), pomocí kterých můžeme zvýraznit důležité části objektu.

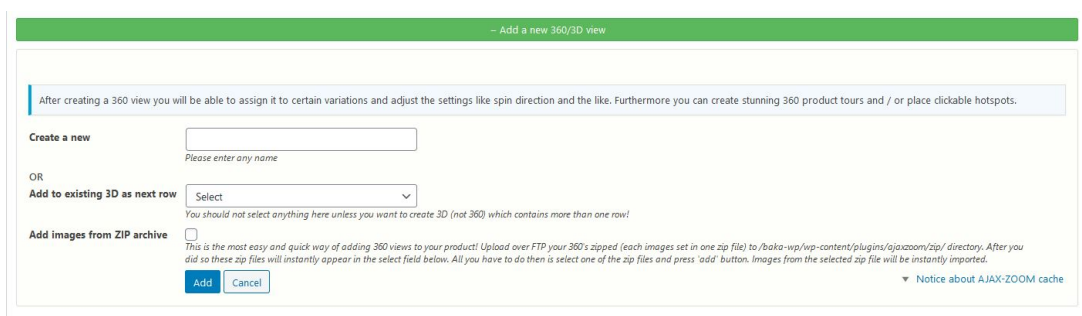
Stejně jako WebRotate, z kapitoly 8.2.2, Ajax Zoom ukládá své data do externího souboru. V tomto případě jde o JSON soubor, který obsahuje všechny informace o nastavení pohybu objektu a jeho hotspotů.

Tabulka 5: Porovnání balíčku WebRotate360 [32]

balíček	cena	max. rozlišení	další funkcionality
Demo verze	zdarma	3.2MP	500 obrázků
Basic	\$129	neomezeně	max 500 obrázků, zákaznická podpora
Simple	\$549	neomezeně	neomezeně obrázků, zákaznická podpora



Obrázek 40: Uživatelské rozhraní pluginu AjaxZoom [6] s výřezy.



Obrázek 41: Přidání snímků v pluginu AjaxZoom [6].

9 Závěr

Záměrem bylo provést analýzu, navrhnout a implementovat způsob, jak prezentovat prostorové snímky na Webu pro účely e-commerce. Práce probíhaly v několika na sobě navazujících krocích. Prvním krokem bylo stanovení optimálního způsobu zpracování a vytváření snímků. Zde se jako nejlepší volba pro 360° projekci jeví DSLR kamera, z kapitoly číslo 3.2. Mobilní a kompaktní fotoaparáty se projevily jako vhodní kandidáti na panoramatické fotografie. Ve druhém kroku se hledal způsob, jak snímky co nejefektivněji retušovat a případně odstranit jejich pozadí. Pro toto řešení se ukázal Adobe Photoshop z kapitoly 4.4 jako ideální volba, a to hlavně díky jeho možnosti automatizace.

V třetím kroku proběhlo hledání způsobů, jak objekt připravit na focení a jakou vybrat metodu rekonstrukce. Zde se jako nejvhodnější způsob projevila 360° projekce pro objekty a panoramatické snímky pro vnitřní prostory. Naopak jako nevhodný způsob pro běžného uživatele se projevila 3D rekonstrukce pomocí fotogrammetrie. Důvodem byla hlavně časová a technická náročnost. Ve čtvrtém kroku došlo k porovnávání a výběru vhodné technologie pro samotnou prezentaci 360° snímků a také panoramat. Všechny metody se výsledkem ukázaly jako sobě rovné, jen se zanedbatelnými rozdíly. Avšak i přes tento fakt bych pro další rozšíření doporučil využití služby WebRotate360. Důvodem je jednoduché a efektivní uživatelské prostředí.

V průběhu řešení této práce jsem měl možnost zdokonalit své znalosti v editaci snímků a hlavně její automatizaci. Mezi způsoby automatizace jsem zařadil grafický editor Adobe Photoshop a také jednoduché skriptování ve Windows PowerShell. Dále jsem mohl otestovat využití netriviálních algoritmů pro zpracování obrazu a jejich přínos v mém případě užití. Mezi důležité poznatky, které jsem získal, patří i práce s 3D objekty v digitální podobě. Zde jako největší osobní přínos považuji hlavně jejich editaci a samotnou prezentaci na Internetu.

Způsoby rozšíření mohou být jak ve smyslu zpracování snímků, tak i jejich prezentace. Řešení automatické zpracování snímků lze určitě zefektivnit. Jedním ze způsobů může být volba vhodnějšího grafického editoru, který dokáže snímky zpracovat rychleji. Jako další rozšíření by se dalo považovat napsání vlastního algoritmu pro prezentaci dat.

Věřím že zkušenosti, které jsem touto prací získal, budu nadále využívat a budou mi přínosem i v budoucnu pro stejné nebo podobné práce.

Literatura

- [1] 3Doid [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: [urlhttps://www.3doid.com/](https://www.3doid.com/)
- [2] 3D scanning technologies and the 3D scanning process [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: [urlhttps://www.aniwaa.com/guide/3d-scanners/3d-scanning-technologies-and-the-3d-scanning-process/](https://www.aniwaa.com/guide/3d-scanners/3d-scanning-technologies-and-the-3d-scanning-process/)
- [3] 3D scanning through structured light projection [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: [urlhttps://www.3dnatives.com/en/structured-light-projection-3d-scanning/](https://www.3dnatives.com/en/structured-light-projection-3d-scanning/)
- [4] The Complete Guide to 3D Scanners using Laser Triangulation [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: [urlhttps://www.3dnatives.com/en/3d-scanner-laser-triangulation080920174-99/](https://www.3dnatives.com/en/3d-scanner-laser-triangulation080920174-99/)
- [5] Adobe Photoshop. Adobe [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.adobe.com/cz/products/photoshop.html>
- [6] Ajax Zoom [online]. [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.ajax-zoom.com>
- [7] Blender [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.blender.org/>
- [8] Clipping Magic [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://clippingmagic.com/>
- [9] Clipping Magic pricing [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://clippingmagic.com/pricing>
- [10] Meshroom - Depth maps estimation [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: https://alicevision.org/#photogrammetry/depth_maps_estimation
- [11] Screen-Shot-2019-01-31-at-8.56.35-PM. In: Depth Map: What It Is and How to Create It [online]. 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://cdn.omnivirt.com/blog/wp-content/uploads/2019/01/Screen-Shot-2019-01-31-at-8.56.35-PM.png>
- [12] What is a DSLR (Digital SLR) Camera? [online]. 3. Dubna 2018 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://photographylife.com/what-is-a-dslr>
- [13] Big ben equirectangular [online]. In: . 14. Července 2006 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: https://wiki.panotools.org/File:Big_ben_equirectangular.jpg
- [14] Meshroom - Feature Matching [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: https://alicevision.org/#photogrammetry/feature_matching
- [15] Globe panorama [online]. In: . 26. Prosince 2007 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Globe_panorama.jpg
- [16] GrabCut algoritmus [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1015706.1015720>

- [17] Meshroom: About: Meshroom - about us [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://alicevision.org/#about>
- [18] Dolphin-triangle-mesh [online]. In: . 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon_mesh#/media/File:Dolphin_triangle_mesh.png
- [19] Meshroom: OPEN SOURCE PHOTOGRAMMETRY SOFTWARE. AliceVision [online]. 2018 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://alicevision.org/#meshroom>
- [20] Meshroom - Meshing [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://alicevision.org/#photogrammetry/meshing>
- [21] Natural Feature Extraction: Meshroom - Natural Feature Extraction [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: https://alicevision.org/#photogrammetry/natural_feature_extraction
- [22] notre/eval. In: Project 2: Local Feature Matching [online]. 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: https://www.cc.gatech.edu/classes/AY2016/cs4476_fall/results/proj2/html/akalia6/notre/eval.jpg
- [23] vis-arrows. In: Project 2: Local Feature Matching [online]. 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: https://www.cc.gatech.edu/classes/AY2016/cs4476_fall/results/proj2/html/akalia6/notre/vis_arrows.jpg
- [24] Hayk Khalatyan - ArtStation [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: [urlhttps://www.artstation.com/artwork/1YQn8](https://www.artstation.com/artwork/1YQn8)
- [25] PTGui stitching software [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.ptgui.com/>
- [26] remove.bg pricing [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.remove.bg/pricing>
- [27] Meshroom - Structure from Motion [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://alicevision.org/#photogrammetry/sfm>
- [28] Meshroom - Texturing [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://alicevision.org/#photogrammetry/texturing>
- [29] Image Matching: Meshroom - Image Matching [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: https://alicevision.org/#photogrammetry/image_matching
- [30] HEDGEOCOE, John. Velká kniha fotografie. Velká kniha fotografie. 3. vydání. Praha: Jan Vašut, 1999, s. 14-15. ISBN 80-7236-110-4.
- [31] VOSS, Catalin. Building Topic Models Based on Anchor Words [online]. 13. 5. 2014, , 9-10 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://cs.stanford.edu/~rishig/courses/ref/19b.pdf>

- [32] WebRotate360 [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.webrotate360.com/>
- [33] WebRotate360 - SpotEditor [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.webrotate360.com/products/webrotate-360-product-viewer.aspx>
- [34] Wordpress.org [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://wordpress.org/>
- [35] WooCommerce Wordpress Plugin [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://wordpress.org/plugins/woocommerce/>
- [36] PETRÁSEK, Jan. Základy Fotografie. 2016.

Přílohy

- ZIP soubor s aplikací v CMS Wordpress a dump databáze.
 - baka_wp
 - baka_wp.sql.zip
- Photoshop droplet pro úpravu fotek a powershell skript pro automatické zpracování snímků.
 - ps_droplet.exe
 - folder_monitoring.ps1
- Textový soubor obsahující návod k instalaci aplikace
 - readme.txt
- Teoretická příručka pro tvorbu a implementaci snímků
 - 360_handbook.pdf
- 3D modely
 - meshroom_export.obj
 - meshroom_export.mtl
 - texture_1001.png
- Příklady výstupu programu SpotEditor
 - webrotate_examples
 - * withoutbg (bez pozadí obrázku)
 - * withbg (s pozadím obrázku)
- Zástupce s odkazem na hosting s implementací aplikace
 - implementace_systemu.url